



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**STAVEBNÍ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU
KONSTRUKCE**

BUILDING SURVEY AND EVALUATING THE STATE OF CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Štěpánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jakub Štěpánek
Název	Stavební průzkum a hodnocení stavu konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- HOBST, L. a kol.: Diagnostika stavebních konstrukcí, knihovnicka.cz, 2005
- CIKRLE, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví, modul M01. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011
- SCHMID, P. a kol. Základy zkušebnictví, VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2001
- BAŽANT, Z., KLUSÁČEK, L. Statika při rekonstrukcích objektů. VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
- ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- Podklady o objektu získané od vlastníka objektu a v archivech

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je zpracování návrhu průzkumu, realizace průzkumu, vyhodnocení výsledků zkoušek a hodnocení stávajícího stavebního objektu před jeho rekonstrukcí.

Teoretická část: Rešerše literatury. Zpracování metodiky průzkumu a hodnocení stavebních konstrukcí se zaměřením na současné platné normy. Stručný přehled použitých diagnostických metod.

Praktická část: Prvotní prohlídka objektu. Předběžné hodnocení stavu, sestavení plánu stavebně statického průzkumu. Provedení stavebně statického průzkumu. Vyhodnocení provedeného průzkumu. Statický výpočet vybraných kritických částí nosných konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

STAVEBNÍ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na stavební průzkum a hodnocení stavu existujících konstrukcí. V teoretické části je popsán postup hodnocení existujících konstrukcí a vybrané diagnostické metody. Praktická část se zabývá provedeným stavebně technickým průzkumem dvou průmyslových objektů s vyhodnocením pevnosti betonu a ověřením výztuže. Na závěr je provedeno posouzení obou zkoumaných objektů.

Klíčová slova

Stavební průzkum, konstrukce, průmyslová hala, diagnostické metody, jádrové vývrty, sekané sondy, beton, železobeton, výztuž, pevnost betonu v tlaku, statický posudek.

BUILDING SURVEY AND EVALUATING THE STATE OF CONSTRUCTION

Abstract

This diploma thesis is focused on building survey and evaluating the state of existing constructions. Process of evaluating the state of existing constructions and selected diagnostic methods are described in the theoretical part. The practical part is dealing with performed structural and technical survey of two industrial structures including evaluation of the strength of concrete and verification of the reinforcement. The final part includes assessment of both of the evaluated structures.

Keywords

Building survey, structure, industrial hall, diagnostic methods, core bores, chopped probes, concrete, reinforced concrete, reinforcement, concrete compressive strength, structural assessment.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jakub Štěpánek *Stavební průzkum a hodnocení stavu konstrukce*. Brno, 2018. 125 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2018

Bc. Jakub Štěpánek

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucí své diplomové práce Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za ochotu, rady a odborné vedení, a také doc. Ing. Zdeňku Bažantovi, CSc. poskytnutí konzultací při řešení statického výpočtu. Dále bych rád poděkoval také ostatním členům Ústavu stavebního zkušebnictví Vysokého učení technického v Brně za ochotu a pomoc při tvorbě této práce. V neposlední řadě děkuji také své rodině a přátelům za podporu v celém průběhu studia.

OBSAH

ÚVOD.....	11
CÍL PRÁCE	12
A. TEORETICKÁ ČÁST	13
1. HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ.....	13
1.1. METODIKA HODNOCENÍ DLE ČSN ISO 13822.....	14
1.1.1. Stanovení účelu hodnocení	15
1.1.2. Scénáře.....	15
1.1.3. Předběžné hodnocení	15
1.1.4. Podrobné hodnocení	16
1.1.5. Výsledky hodnocení.....	17
1.1.6. Vývojový diagram hodnocení existujících konstrukcí	17
2. DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ	19
2.1. NEDESTRUKTIVNÍ DIAGNOSTICKÉ METODY.....	20
2.1.1. Elektromagnetický indikátor výztuže.....	21
2.1.2. Georadar.....	22
2.1.3. Ultrazvuková impulsní metoda	24
2.2. SEMI-DESTRUKTIVNÍ DIAGNOSTICKÉ METODY	25
2.2.1. Jádrové vývrty.....	26
2.2.2. Sekané sondy.....	31
B. PRAKTICKÁ ČÁST.....	32
1. POPIS KONSTRUKCE	32
1.1. POPIS KONSTRUKCE OBJEKTU „A“	32
1.2. POPIS KONSTRUKCE OBJEKTU „B“	32
2. ÚČEL PROVEDENÍ PRŮZKUMU	33
2.1. Účel provedení průzkumu objektu „A“.....	33
2.2. Účel provedení průzkumu objektu „B“	33

3.	ROZSAH PRŮZKUMU A UMÍSTĚNÍ SOND.....	34
3.1.	ROZSAH PRŮZKUMU	34
3.1.1.	Rozsah průzkumu objektu „A“	34
3.1.2.	Rozsah průzkumu objektu „B“	34
3.2.	UMÍSTĚNÍ SOND	34
3.2.1.	Umístění sond objektu „A“	34
3.2.2.	Umístění sond objektu „B“	38
4.	VÝSLEDKY PRŮZKUMU	40
4.1.	VÝSLEDKY PRŮZKUMU OBJEKTU „A“	40
4.1.1.	Jádrové vývrty pro stanovení kvality betonu – 1. NP.....	40
4.1.2.	Jádrové vývrty pro stanovení kvality betonu – 2. NP.....	47
4.1.3.	Výsledky zkoušek betonu	53
4.1.4.	Vyhodnocení výsledků zkoušek betonu.....	58
4.1.5.	Stanovení vyztužení sloupu a stropu – 1. NP.....	60
4.1.6.	Stanovení vyztužení sloupu a stropu – 2. NP.....	66
4.1.7.	Tvarové odchylky konstrukce.....	72
4.1.8.	Hloubka karbonatace betonu	72
4.2.	VÝSLEDKY PRŮZKUMU OBJEKTU „B“	73
4.2.1.	Jádrové vývrty pro stanovení kvality betonu.....	73
4.2.2.	Výsledky zkoušek betonu	80
4.2.3.	Vyhodnocení výsledků zkoušek betonu.....	85
4.2.4.	Stanovení vyztužení stropní konstrukce.....	86
4.2.5.	Hloubka karbonatace betonu	89
5.	POSOUZENÍ ZKOUMANÝCH OBJEKTŮ	90
5.1.	POSOUZENÍ OBJEKTU „A“	90
5.2.	POSOUZENÍ OBJEKTU „B“	91
5.2.1.	Vstupní údaje pro statický posudek vybraných prvků stropní konstrukce.....	91

5.2.2.	Statický posudek stropního trámu	94
5.2.3.	Statický posudek stropního průvlaku.....	103
5.2.4.	Doplňující statický posudek stropního průvlaku.....	111
6.	ZÁVĚR K PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	115
6.1.	ZÁVĚR K HODNOCENÍ OBJEKTU „A“	115
6.2.	ZÁVĚR K HODNOCENÍ OBJEKTU „B“	116
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		118
SEZNAM OBRÁZKŮ		120
SEZNAM TABULEK.....		124

ÚVOD

Hodnocení stavebních konstrukcí je významným oborem stavebnictví. Jeho uplatnění je především u stávajících konstrukcí, a to nejčastěji v případě změny využití stavby, rekonstrukce, projevy poruch, havárie či živelné katastrofy. Není však výjimkou ani hodnocení nových konstrukcí, často v průběhu výstavby. K takovému hodnocení dochází zejména, jsou-li pochybnosti o kvalitě prováděných prací. Pro hodnocení staveb se využívá diagnostických metod.

Diagnostika staveb zažívá v posledních letech výrazný vzestup především díky novým technologiím, které umožňují mnohem efektivnější použití nedestruktivních metod. Minimalizace zásahů do konstrukce, nízká časová náročnost provádění nedestruktivního zkoušení, a z toho vyplývající nižší náklady na provádění kvalitní diagnostiky, značně rozšiřují zájem o tento obor.

První (teoretická) část této práce je věnována teoretickému seznámení s principem hodnocení staveb s diagnostickými metodami, které byly využity při praktické části.

Druhá (praktická) část se zabývá diagnostikou dvou zkoumaných objektů. V objektech byla zjišťována pevnost betonu vybraných nosných prvků konstrukce a jejich vyztužení, účel provedení diagnostiky se však u obou objektů lišil. Na závěr byly zkoumané objekty posouzeny, přičemž tyto posudky reflektovaly rozdílné účely provedeného průzkumu.

CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo představení principu hodnocení existujících konstrukcí a vybraných diagnostických metod, dále provedení a zpracování stavebně technického průzkumu dvou objektů průmyslových hal a následné posouzení obou těchto objektů.

A. TEORETICKÁ ČÁST

1. HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ

Existuje řada důvodů, které mohou vést k hodnocení existující konstrukce, např.:

- očekávaná změna v používání;
- prodloužení návrhové životnosti;
- ověření spolehlivosti požadované úřady, vlastníky či pojišťovnami;
- degradace konstrukce;
- poškození konstrukce mimořádným zatížením. [1]

Při hodnocení stávajících konstrukcí je nutno stanovit určité zásady. Existující konstrukce byly původně navrženy, vypočteny a provedeny na základě přijatých inženýrských zásad a pravidel, dlouholetých zkušeností či obecně platných odborných postupů. Nelze k nim tudíž přistupovat jako k nově navrhovaným konstrukcím, které jsou (nebo by měly být) řízeny současně platnými normami.

S příchodem nového tisíciletí začalo v oblasti hodnocení existujících konstrukcí docházet k výrazným změnám způsobeným zaváděním nových evropských norem. Nově platné evropské normy měly původně zcela nahradit normy stávající, proti takovému kroku se však zvedl velmi silný odpor odborné veřejnosti. Z tohoto důvodu zůstaly platné např. normy ČSN 73 1370 až 76 i po zavedení nových evropských norem. Velký zájem odborné veřejnosti o zachování starších českých norem měl za následek, že další přijímané normy již obsahují národní přílohy. [4]

Obecnými požadavky a postupy hodnocení existujících konstrukcí se podrobně zabývá norma ČSN ISO 13822 *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*, která nabyла účinnosti 1. 1. 2015. Tuto normu lze oproti předchozímu vydání použít také na hodnocení a posuzování historických staveb a stavebních památek. Další normou zabývající se hodnocením existujících konstrukcí je ČSN 730038 *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení*. Tato norma obsahuje doplňující pokyny k hodnocení existujících betonových, zděných, dřevěných a ocelových konstrukcí usnadňující používání normy ČSN ISO 13822. [2]

V normě ČSN ISO 13822 je uvedeno, proč si při hodnocení spolehlivosti, opravách či modernizaci stávajících konstrukcí nevystačíme se současně platnými normami pro

navrhování staveb. Tyto normy se nezabývají postupy hodnocení existujících staveb a neuvažují zatížení, kterému byla konstrukce v minulosti vystavena. Mnohé stávající konstrukce mohou být dostatečně spolehlivé navzdory tomu, že by při posouzení v současnosti platných norem pro navrhování staveb nevyhověly. [3]

1.1. METODIKA HODNOCENÍ DLE ČSN ISO 13822

Norma ČSN ISO 13822 udává metodiku postupu hodnocení existujících konstrukcí. Sami tvůrci uvádějí, že tato norma neslouží jen jako souhrn zásad a postupů, ale také jako uživatelská příručka pro stavební specialisty a objednatele. Hodnocení se obecně skládá z následujících kroků:

1. Stanovení účelu hodnocení.
2. Scénáře.
3. Předběžné hodnocení:
 - studium dokumentace a dalších údajů;
 - předběžná prohlídka;
 - předběžné ověření;
 - rozhodnutí o okamžitých opatřeních;
 - doporučení pro podrobné hodnocení.
4. Podrobné hodnocení:
 - detailní vyhledávání a prověření dokumentace;
 - podrobná prohlídka a zkoušky materiálů;
 - stanovení zatížení;
 - stanovení vlastností konstrukce;
 - ověření.
5. Výsledky hodnocení:
 - zpráva;
 - koncepční návrh konstrukčních opatření;
 - řízení rizik.
6. V případě potřeby se postup opakuje. [1]

1.1.1. Stanovení účelu hodnocení

Stanovení účelu hodnocení probíhá na základě požadavků objednatele (vlastníka, úřadů, pojišťovny atd.) – stanoví se jednoznačný účel, za kterým bude hodnocení prováděno. Tento účel je stanoven na základě bezpečnostních opatření, prodloužení životnosti nebo budoucího využití dané stavby.

1.1.2. Scénáře

V plánu bezpečnostních opatření se určí scénáře, které na základě změny konstrukčních podmínek nebo zatížení konstrukce vytvářejí možné kritické situace. Tyto scénáře jsou základem pro následné hodnocení a případné návrhy opatření, které jsou pro použitelnost a bezpečnost konstrukce nezbytné.

1.1.3. Předběžné hodnocení

Předběžné hodnocení se skládá z několika dílčích částí.

V první řadě je nutné *studium a ověření dostupné dokumentace*, jako projektová dokumentace, běžné a hlavní prohlídky atd. Tyto dokumenty je nutné ověřit z hlediska správnosti a především aktuálnosti, aby byly zahrnuty veškeré předchozí zásahy do konstrukce.

Následná *předběžná prohlídka* se provádí především vizuálně, případně pomocí jednoduchých nástrojů. Cílem prohlídky je identifikace konstrukčního systému a odhalení případných konstrukčních poruch. Výsledkem předběžné prohlídky je zatřídění dle poškození, např. žádné, menší, mírné, závažné, destrukční, neznámé.

V dalším kroku jsou provedena *předběžná ověření* pro identifikaci kritických nedostatků konstrukce z hlediska bezpečnosti a použitelnosti, na které je případně nutné se v dalším hodnocení zaměřit.

Pokud je zjištěn potenciálně nebezpečný stav konstrukce, je nutné tento stav oznámit objednateli a musí být provedena *okamžitá opatření*. Tato opatření mají za úkol snížit riziko havárie konstrukce.

Předběžné hodnocení konstrukce může prokázat, že konstrukci lze považovat v uvažované zbytkové životnosti za spolehlivou a v takovém případě není podrobné hodnocení vyžadováno. Pokud však předběžné hodnocení odhalí nejistoty

v účincích zatížení, či ve vlastnostech konstrukce, je objednateli *doporučeno provedení podrobného hodnocení*. [1]

1.1.4. Podrobné hodnocení

Podrobné hodnocení se provádí, pokud tak doporučí technik na základě předběžného hodnocení (viz kapitola 1.1.3. *Předběžné hodnocení*) nebo na žádost objednatele.

Nejdříve by se měla *prověřit následující dokumentace* (pokud je k dispozici):

- výkresy, specifikace, statický výpočet, stavební deník, záznamy o prohlídkách a údržbě, podrobnosti o změnách;
- předpisy a zákonná nařízení, prováděcí předpisy a normy, které byly použity pro výstavbu konstrukce;
- topografie, základové podmínky, úroveň hladiny podzemní vody v místě stavby. [1]

Z projektové dokumentace lze zjistit rozměry konstrukce, konstrukční detaily a vlastnosti použitých materiálů za předpokladu, že je taková dokumentace k dispozici a nejsou žádné důvody k pochybnostem, že skutečný stav této dokumentaci odpovídá. Při jakékoliv pochybnosti se provádí *podrobná prohlídka a zkoušky materiálů*. Tato prohlídka se plánuje na základě dostupných informací, především výsledcích předběžného hodnocení dané konstrukce. Jejím výsledkem by měl být soubor aktualizovaných hodnot nebo pravděpodobnostních rozdělení pro příslušné parametry, které jsou vyžadovány k následnému posouzení konstrukce.

Následným krokem je *stanovení zatížení a stanovení vlastností konstrukce*. U stanovení zatížení se jedná zejména o zatížení konstrukce vlivem prostředí, které se určí pomocí ČSN ISO 2394 – Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí. Ke stanovení vlastností konstrukce může sloužit podrobná prohlídka nebo podrobná analýza konstrukce. Pokud však tyto postupy nejsou dostatečně průkazné nebo při prokázání adekvátní spolehlivosti konstrukce selhaly, používají se pro stanovení vlastností konstrukce zkoušky.

Pro stanovení účinků zatížení na konstrukci slouží *analýza konstrukce*, která se provádí v souladu s ČSN ISO 2394 – Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí. Při stanovení únosnosti nosných prvků je nutné uvážit účinky zatížení a degradaci stávající konstrukce. V případě, že je degradace konstrukce zjištěna, je spolehlivost takové konstrukce řešena pomocí časově závislého degradačního jevu (viz ČSN ISO 2394).

Ověření stávající konstrukce se zpravidla provádí z důvodu požadované úrovně funkční způsobilosti (bezpečnost, funkčnost, použitelnost, speciální funkční vlastnosti). Při ověření konstrukce se využívá současně platné normy nebo normy rovnocenné s ČSN ISO 2394. Starší normy, které byly platné v době návrhu posuzované konstrukce, slouží jen jako informativní dokumenty. Alternativně lze při ověření vycházet z dřívější uspokojivé způsobilosti konstrukce. [1]

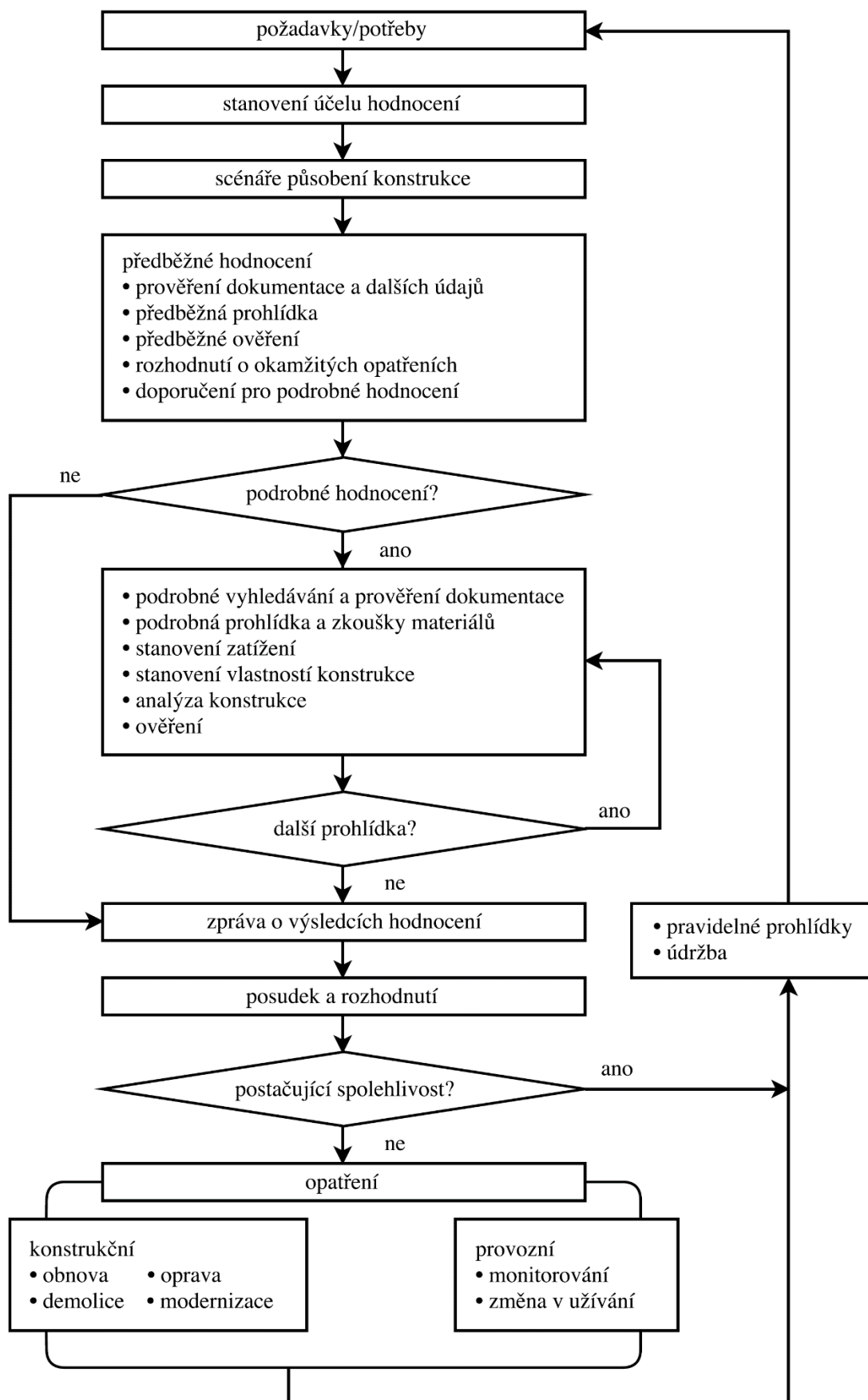
1.1.5. Výsledky hodnocení

Výsledky podrobného hodnocení musejí být zpracovány ve *zprávě*.

Pokud podrobné hodnocení prokáže, že stávající konstrukce nevyhovuje z hlediska bezpečnosti či použitelnosti, je objednateli doporučeno provést *konstrukční opatření* ve formě opravy či modernizace konstrukce. Někdy může být vhodnějším řešením *řízení nebo snížení velikosti rizik*, a to nejčastěji formou omezení zatížení, změny způsobu využívání konstrukce nebo zavedením monitorování konstrukce.

1.1.6. Vývojový diagram hodnocení existujících konstrukcí

Norma ČSN ISO 13822 uvádí také vývojový diagram, který schematicky vyjadřuje obecný postup při hodnocení existující konstrukce (Obr. 1).



Obr. 1 – Vývojový diagram obecného postupu hodnocení existujících konstrukcí dle ČSN ISO 13822

2. DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Obecně se dá říci, že diagnostika je soubor metod, pomocí něhož zjišťujeme stav zkoumaného objektu. V případě stavební diagnostiky je tímto objektem stavební konstrukce, nebo její část. Diagnostika je nejčastěji prováděna na starších konstrukcích, není však výjimkou použití diagnostických metod na konstrukcích nových, často ještě v průběhu výstavby.

Důvodem pro diagnostiku nových staveb jsou nejčastěji pochybnosti:

- o kvalitě betonu;
- o použití a správném uložení předepsané betonářské výztuže;
- o správnosti vedení přepínacích kabelů, případně jejich zainjektování.

Důvodem pro diagnostiku starších staveb může být:

- významné poruchy (např. trhliny, deformace);
- plánovaná změna zatížení;
- plánovaná rekonstrukce, přestavba či nadstavba;
- předepsaná diagnostika v projektové dokumentaci po určité doby od výstavby.

K diagnostice každé konkrétní konstrukce je nutno přistupovat individuálně. Jednak na konstrukce působí různé vnější vlivy, na jejichž základě je kladen důraz na určité vlastnosti, dále pak závisí na možnosti omezení provozu (pracovního, dopravního) či na charakteru využití stavby (např. čisté prostory). [4]

Rozsah diagnostiky určuje nejčastěji objednatel, a to formou vyhrazených finančních prostředků nebo omezením použití metod poškozující konstrukci.

Jak již bylo naznačeno, diagnostické metody lze rozdělit dle míry poškození konstrukce během provádění – nedestruktivní, semi-destruktivní a destruktivní.

Existuje široké spektrum diagnostických metod a jejich představení by vystačilo na samostatnou publikaci. V následujících kapitolách se proto zaměřím především na metody, které byly využity při praktické části této diplomové práce.

2.1. NEDESTRUKTIVNÍ DIAGNOSTICKÉ METODY

Nedestruktivními metodami rozumíme takové metody, které buď vůbec nebo jen v zanedbatelné míře poškozují zkoumanou konstrukci. Mezi nedestruktivní metody řadíme:

- elektromagnetické metody (sondy, mikrovlnné);
- elektrodynamické metody (ultrazvuková, rezonanční atd.);
- elektrické metody (odporové, kapacitní, polovodičové);
- radiační metody (radiografické, radiometrické);
- tvrdoměrné metody (odrazové, vrypové, vtiskové). [4]

V dnešní době je kladen stále větší důraz na bezpečnost a ochranu pracovníků i obyvatelstva, což má za následek zpřísnování legislativy. K nejnovějším legislativním změnám patří tzv. Atomový zákon (zákon č. 263/2016 Sb. a navazující vyhlášky), který platí od 1.1.2017. Dříve s velkým úspěchem využívané radiační metody jsou dnes již tak administrativně a finančně náročné, že je jejich praktické využití v podstatě neudržitelné. Výjimku tvoří např. rentgenová radiografie, které je však použitelná jen na velmi subtilní železobetonové prvky. [12]

Celosvětový pokrok v technologiích se velmi výrazně projevil také do stavební diagnostiky, a to především u některých nedestruktivních metod. Přístroje pro diagnostiku jsou mnohem kompaktnější, mobilnější a především intuitivnější, než tomu bylo ještě před několika lety. Představují tak výrazně příjemnější a rychlejší zkoumání stavební konstrukce, přičemž lze například sledovat grafické zpracování naměřených hodnot v reálném čase. Již zmiňovaná intuitivnost a uživatelská přívětivost, která je způsobena pokročilým softwarovým vybavením diagnostických přístrojů, může svádět k falešnému pocitu, že tyto přístroje nevyžadují odbornou obsluhu. Bez dostatečných zkušeností diagnostika může dojít k přijmutí chybných výsledků, které software při nesprávném nastavení přístroje automaticky interpretuje z naměřených dat.

Výhody nedestruktivních metod:

- Vůbec nebo jen minimálně poškozují zkoumanou konstrukci.
- Možnost opakování zkoušek na stejných vzorcích.
- Nízká cena v poměru k objemu naměřených dat.
- Rychlost provádění zkoušek.

Nevýhody nedestruktivních metod:

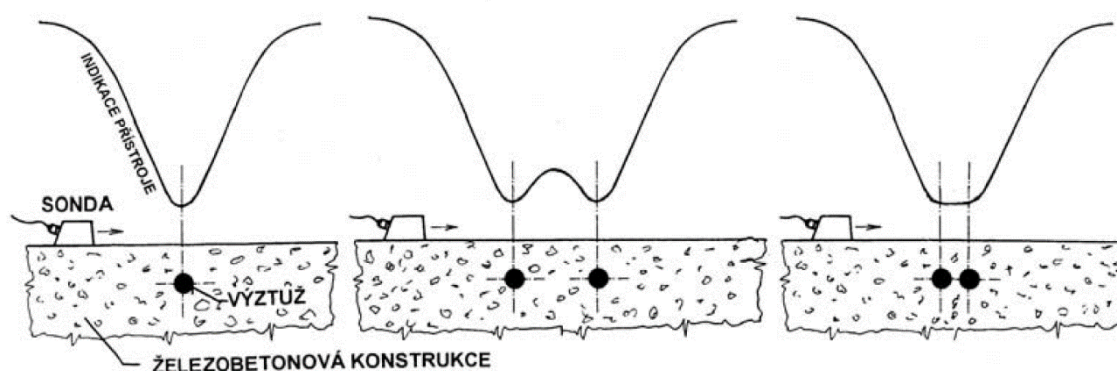
- Nepřímé metody (odhad určité veličiny na základě jiné naměřené veličiny).
- Při nedostatečné zkušenosti a odbornosti diagnostika hrozí hrubé chyby.
- Nižší přesnost v porovnání se semi-destruktivními a destruktivními zkouškami.

2.1.1. Elektromagnetický indikátor výztuže

Elektromagnetický indikátor výztuže slouží k určení polohy výztuže ve zkoumaném prvku, lze jej také využít k určení vhodného místa pro jádrové vrtání. Tyto přístroje jsou schopny určit i průměr betonářské výztuže (pokud známe krytí) nebo její krytí (pokud známe průměr výztuže).

Přístroj funguje na principu feromagnetického jevu, potažmo vířivých proudů. Přístrojové sondy obsahují budící cívky, které vytvářejí elektromagnetické pole. Toto pole reaguje na přítomnost feromagnetického materiálu (v našem případě betonářské výztuže) vznikem vířivých proudů, které zaznamenává snímač sondy.

Tato metoda má několik omezení. Prvním z nich je hloubkový dosah měření. Elektromagnetické indikátory jsou schopny zaznamenat přítomnost výztuže do hloubky 60–220 mm v závislosti na druhu přístroje, přičemž jejich rozlišovací schopnost klesá s rostoucí hloubkou exponenciálně. Dalším úskalím této nedestruktivní metody je husté vyztužení nebo vyztužení ve vrstvách, kdy sonda přijímá záznam několika výztuží najednou (Obr. 2).

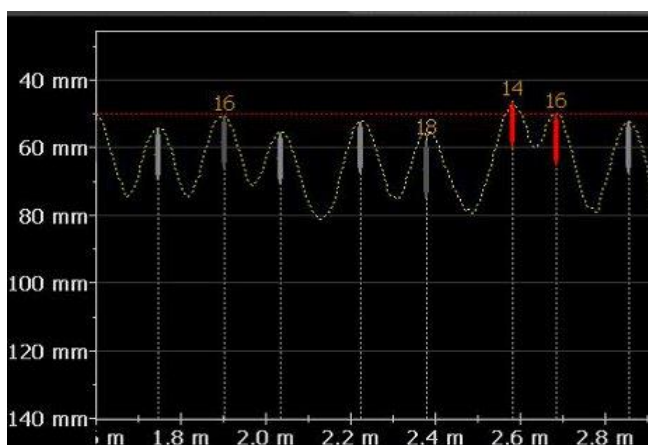


Obr. 2 – Schématické znázornění odezvy elektromagnetického indikátoru výztuže v závislosti na vzdálenosti uložení betonářské výztuže v konstrukci [6]

Již zmiňovaný technologický pokrok přístrojů pro nedestruktivní zkoušení se výrazně podepsal také u elektromagnetických indikátorů výztuže. Konkrétně se pokrok projevil např. u přístroje Profometer PM-630 od firmy Proceq (Obr. 3), který byl použit v praktické části této práce. Tento přístroj je vybaven barevným dotykovým displejem, který je schopen zobrazit grafické výsledky měření v reálném čase. Výsledky lze ukládat, exportovat a dále s nimi pracovat. Výrobce uvádí, že je přístroj schopen zaznamenat výztuž až do hloubky 185 mm s přesností krytí $\pm 1\text{--}4\text{ mm}$. Průměr betonářské výztuže je pak schopen zaznamenat do hloubky 63 mm s odchylkou ± 1 velikost výztuže. [7]



Obr. 3 – Profometer PM 630 [7]



Obr. 4 – Příklad záznamu z měření přístrojem Profometer PM 630 [14]

2.1.2. Georadar

Georadar (také známý pod zkratkou GPR – ground penetrating radar) je metoda, která byla původně využívána pro oblast geologie a geotechniky, případně archeologie. Tato metoda funguje na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických impulzů (desetiny až jednotky GHz) do zkoumaného prostředí a zaznamenávání odrazů od překážek, které se v něm nacházejí (potrubí, dutiny atd.). S rostoucí frekvencí vzrůstá schopnost rozlišovat nehomogenity ve zkoumaném prostředí, klesá však hloubkový dosah měření.

Ačkoliv se georadary využívají pro stavební diagnostiku již delší dobu, vzhledem k obtížnému a zdlouhavému měření, a také ke komplikovanosti vyhodnocení výsledků, se v České republice až donedávna pro tyto účely prakticky nepoužívaly. Stejně jako u elektromagnetických indikátorů výztuže se však výrazně projevil technologický pokrok také u georadaru.

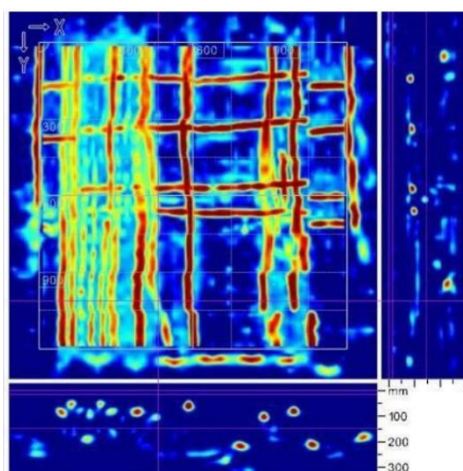
Přístroj Hilti PS 1000 (Obr. 5) přinesl výrazné zlepšení nejen v kompaktnosti konstrukce samotného přístroje, ale především v softwarovém vybavení, které je přímo určeno pro diagnostiku železobetonové konstrukce. Přístroj je vybaven trojicí antén, které jsou dle výrobce schopny rozeznat betonářskou výztuž, předpínací kabely či jiné nehomogenity do hloubky až 400 mm s přesností ± 10 mm za předpokladu minimální vzdálenosti mezi dvěma sousedními předměty 40 mm. Měření lze provádět buď liniově (pohyb georadaru v jednom směru) nebo plošně (pohyb georadaru po konstrukci v předem vytyčeném rastru 600x600 mm nebo 1200x1200 mm).

Výhodou tohoto přístroje je velice rychlé zkoumání konstrukce se zobrazením grafického zpracování výsledků měření v reálném čase. Výsledek měření lze nechat vykreslit jako 2D zobrazení (půdorys + řezy ve dvou vzájemně kolmých rovinách) nebo jako 3D zobrazení s možností pootáčení výsledné skladby v prostoru. V porovnání s elektromagnetickými indikátory výztuže lze považovat za velkou výhodu schopnost rozeznat (nejen) výztuž do výrazně větší hloubky, a to i v případě několika vrstev. Jako nevýhodu pak můžeme považovat neschopnost stanovit průměr a typ lokalizované výztuže. I přes kompaktní rozměry v kategorii georadarů je tento přístroj v některých případech kvůli svým rozměrům nepoužitelný.

Výrobce na svých webových stránkách přímo uvádí, že pro obsluhu a vyhodnocení výsledků nejsou potřeba žádné odborné dovednosti. Stejně jako u elektromagnetického indikátoru výztuže Profometer PM-630 však můžeme takový přístup velmi reálně vést k chybné interpretaci výsledku či dokonce k nemožnosti výsledek vůbec interpretovat. [8; 9; 10; 11]



Obr. 5 – Georadar Hilti PS1000 [10]



Obr. 6 – Příklad georadarového skenu [15]

2.1.3. Ultrazvuková impulsní metoda

Principem této metody je měření rychlosti šíření ultrazvuku materiálem a lze ji využít k ověření vlastností materiálu, k lokalizaci poruch materiálu či stanovení dynamického modulu pružnosti betonu. Pomocí této metody lze také odhadnout pevnost betonu v tlaku. Samotné měření se nejčastěji provádí pomocí dvou sond – budič a snímač. Ve stavebnictví se nejčastěji využívá sond o frekvenci 20–250 kHz. S rostoucí frekvencí sondy obecně stoupá její dosah, avšak klesá přesnost a rozlišovací schopnost. [13]

Pro měření doby průchodu ultrazvuku je nutné nejdříve stanovit tzv. mrtvý čas na desetiny mikrosekundy přesně podle vzorce:

$$T_0 = T_e - E$$

kde	T_0	je	mrtvý čas [μs];
	T_e		doba průchodu ultrazvuku etalonem [μs];
	E		je časová charakteristika etalonu [μs].

Samotnou rychlost šíření ultrazvuku lze pak určit dle vzorce:

$$v = \frac{L}{T - T_0}$$

kde	v	je	rychlost šíření ultrazvuku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$];
	L		délka měřicí základny [m];
	T		doba průchodu měřená přístrojem [s];
	T_0		mrtvý čas [s].

Dynamický modul pružnosti v tahu a tlaku lze vypočítat podle vztahu:

$$E_{cu} = \rho \cdot v_L^2 \cdot \frac{1}{k^2} \cdot 10^{-6}$$

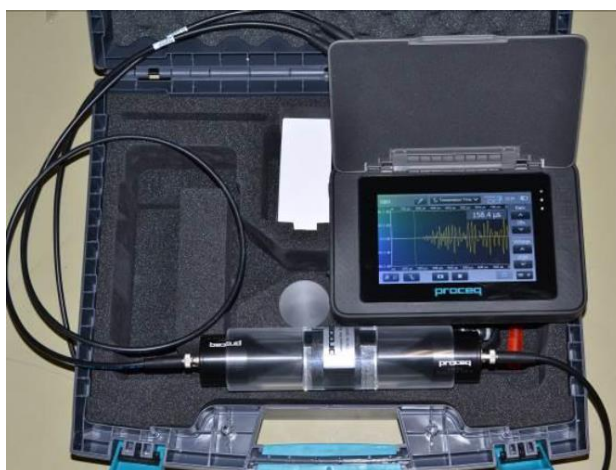
kde	E_{cu}	je	dynamický modul pružnosti [MPa];
	ρ		objemová hmotnost materiálu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$];
	v_L		rychlost šíření ultrazvuku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$];
	k		koeficient rozměrnosti prostředí [-]. [13]

Vypočtená hodnota dynamického modulu pružnosti v tahu a tlaku se zaokrouhluje na tři platné číslice. Dynamický modul pružnosti lze přepočítat na statický modul pružnosti pomocí zmenšovacího součinitele κ_u , jehož hodnoty jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 – Hodnoty zmenšovaciho součinitele κ_u pro přepočet dynamických modulů ultrazvukových na moduly statické dle ČSN 73 2011 [16]

Zmenšovací součinitel	Třída betonu					
	C 8/10	C 12/15	C 16/20	C 25/30	C 35/45	C 45/50
κ_u	0,62	0,71	0,76	0,81	0,83	0,86

Mezi moderní přístroje pro měření rychlosti šíření ultrazvuku patří např. Pundit PL-200 (Obr. 7) od firmy Proceq. Tento přístroj nabízí především velmi příjemné uživatelské prostředí, grafické zpracování výsledků přímo na displeji přístroje a možnost exportu a následné editace dat, které je velmi podobné již zmiňovanému přístroji Profometer PM-630 od téže firmy.



Obr. 7 – Ultrazvukový přístroj Pundit PL-200 [13]

2.2. SEMI-DESTRUKTIVNÍ DIAGNOSTICKÉ METODY

Semi-destruktivními metodami rozumíme takové metody, které poškozují zkoumanou konstrukci v malé míře a pouze lokálně, přičemž neohrožují její spolehlivost. Mezi nedestruktivní metody řadíme:

- Jádrové vývrty:
 - pro stanovení pevnosti betonu v tlaku;
 - pro zjištění vrstev konstrukce a jejich tloušťek;
 - pro stanovení propustnosti betonu pro kapaliny a plyny;
 - pro zjištění hloubky karbonatace betonu.

- Odtrhové zkoušky:
 - pro stanovení přídržnosti povrchové vrstvy;
 - pro stanovení pevnosti v tahu betonu.
- Sekané sondy:
 - pro ověření betonářské výztuže.

V porovnání většinou nedestruktivních metod se dají semi-destruktivní metody označit jako tradiční. V poslední době tyto metody žádný výrazný technologický pokrok nezaznamenaly a nelze je ani očekávat, jelikož fungují na principu mechanického poškození konstrukce za účelem zjištění určité vlastnosti. [4]

Po provedení semi-destruktivní zkoušky je nutné zkušební místo ihned zapravit a pokud možno uvést do původního stavu. K zapravení zkoušených míst v betonové konstrukci se využívají speciální sanační malty.

Výhody semi-destruktivních metod:

- Přímé metody (zjišťovaná veličina se měří přímo).
- Výrazně nižší nebezpečí hrubých chyb.
- Vyšší přesnost v porovnání s nedestruktivními zkouškami.

Nevýhody nedestruktivních metod:

- Poškozují zkoumanou konstrukci.
- Relativně vysoká cena.
- Menší množství zkušebních míst.

2.2.1. Jádrové vývrty

Jádrové vývrty jsou z diagnostikované konstrukce odebírány nejčastěji z důvodu určení pevnosti betonu v tlaku. Dále pak mohou jádrové vývrty sloužit pro určení skladby diagnostikované konstrukce a tloušťky jednotlivých vrstev včetně určení jejich stavu, případně hloubky karbonatace.

K samotnému vrtání se využívá vrtačky se speciálním dutým válcem, který je na spodní straně opatřen diamantovými břity. Vrtačka je upevněna v držáku, který celý proces vrtání výrazně usnadňuje a stabilizuje. Držák umožňuje vrtní ve svislém, vodorovném i šikmém

směru. Břity jsou při vrtání obvykle ochlazovány vodou. Ve výjimečných případech lze vrtat i bez chlazení vodou, což je však značně komplikované. Vrtání bez chlazení vodou může být vyžadováno v případě odebírání jádrových vývrtů z konstrukcí kulturních a historických památek. Běžně využívané vrtáky jsou průměru 25, 50, 100 a 150 mm. Vrt se provádí do požadované hloubky, poté se vrták vyjme a jádrový vývrt se vylomí. U deskových konstrukcí lze provádět jádrové vývrty i přes celou tloušťku konstrukce.



Obr. 8 – Vrtačka s dutým válcem osazená v držáku

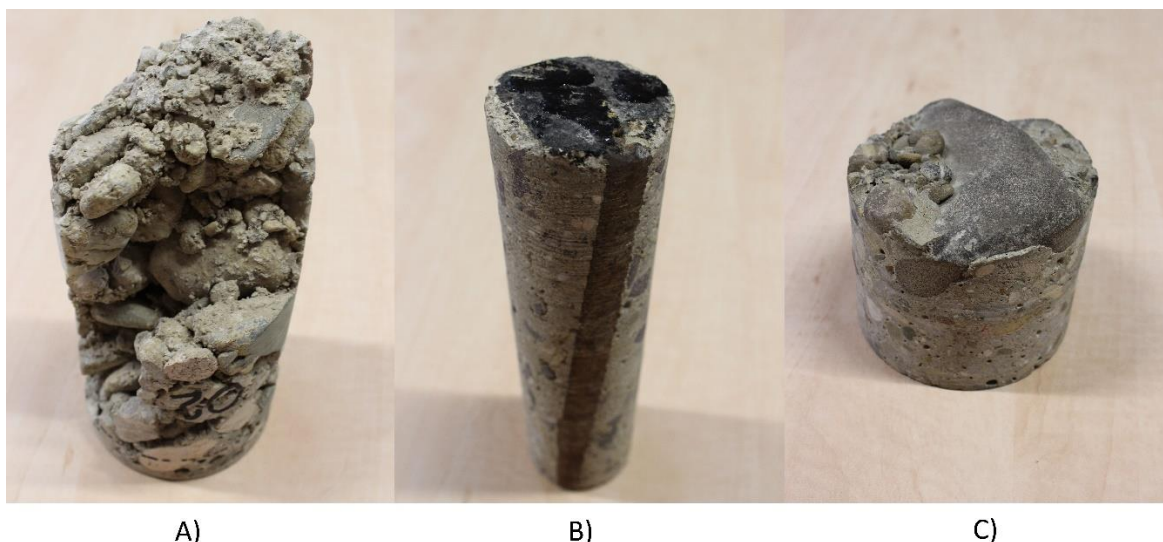
Jelikož se jedná o metodu, která představuje zásah do konstrukce, volí se místo pro odběr jádrového vývrtu v návaznosti na snahu o minimalizaci negativních důsledků ve zkoumané konstrukci. Výběr místa pro jádrové vrtání tedy volíme tak, aby byl vývrt odebrán:

- z míst nejmenšího normálového napětí;
- v místech s minimálním výskytem výztuže;
- z míst, která nejsou v blízkosti spár nebo hran konstrukčního prvku.

Průměr jádrových vývrtů by měl být obecně co nejmenší, je však nutné zohlednit strukturu betonu a rozměry zkušebních těles. Jádrové vývrty, které jsou odebrány za účelem stanovení pevnosti betonu v tlaku, by tak měly splňovat následující kritéria:

- Průměr jádrového vývrtu nejméně 50 mm (průměr 25 mm se nedoporučuje).
- Velikost maximálního zrna kameniva (ne horní mez frakce kameniva) nesmí být větší než 1/3 průměru vývrtu.
- Nesmí obsahovat výztuž ve směru podélné osy.
- Nesmí obsahovat trhliny, dutiny a nepevné okraje.

Na obr. 9 jsou patrné některé z výše uvedených vad: A) Mezerovitý beton, vývrt obsahuje dutiny; B) Výztuž ve směru podélné osy vývrtu; C) Vývrt obsahuje zrno kameniva větší než 1/3 průměr.



Obr. 9 – Příklady nevyhovujících vývrtů pro stanovení pevnosti v tlaku

Základní zkušební těleso pro stanovení pevnosti betonu v tlaku má průměr 150 mm, to by však znamenalo odebírat vývrty velkých průměrů. Z tohoto důvodu se v praxi často využívají vývrty menších průměrů, což norma ČSN EN 12504-1: *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku* umožňuje. Délka získaného vývrtu závisí především na tom, chceme-li pevnost porovnávat s válcovou nebo s krychelnou pevností:

- $l = 2d$, jestliže se má pevnost porovnávat s válcovou pevností;
- $l = d$, jestliže se má pevnost porovnávat s krychelnou pevností. [4]

Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku dle ČSN ISO 13822 je doporučeno provádět na základě nejméně 3 až 6 zkoušek. Z provedených zkoušek materiálové vlastnosti X (pevnost betonu v tlaku) se stanoví průměr m_x , směrodatná odchylka s_x a variační součinitel V_x podle následujících vztahů:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n} \qquad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n - 1} \qquad V_x = \frac{s_x}{m_x}$$

kde n je počet výsledků zkoušek;
 x_1, x_2, \dots, x_n výsledky zkoušek materiálové vlastnosti X .

Za předpokladu, že má vlastnost X normální rozdělení, lze určit charakteristickou hodnotu X_k ze vztahu:

$$X_k = m_x (1 - k_n V_x)$$

kde k_n je součinitel pro stanovení 5 % kvantilu (Tab. 2). [13]

Tab. 2 – Hodnota součinitele k_n pro stanovení charakteristické hodnoty [1]

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
Vx známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
Vx neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku dle ČSN EN 13791: Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích je prováděno minimálně na 3 vývrtech z každé zkoušené oblasti (např. sloupy, průvlaky atd.). Pro posouzení shody norma uvádí dva postupy:

Postup A – pro nejméně 15 jádrových vývrtů.

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48s$$

$$f_{ck,is} = f_{is\text{ nejmenší}} + 4$$

Z výsledných hodnot rozhoduje ta nižší. Je nutné ověřit, zda se jedná o normální rozdělení. Pokud se prokáže, že se o normální rozdělení nejedná, musí se provést nové hodnocení.

Postup B – pro 3 až 14 jádrových vývrtů.

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48s$$

$$f_{ck,is} = f_{is\text{ nejmenší}} + 4$$

Platí menší z obou výsledných hodnot. Pokud výsledek je značně na straně bezpečnosti, doporučuje se odebrat více vývrtů.

V kritériích:

- $f_{ck,is}$ je charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci;
- $f_{m(n),is}$ průměrná pevnost betonu v tlaku stanovená na n počtu vývrtů;
- $f_{is,nejmenší}$ nejmenší pevnost zjištěná na vývrtech;
- s směrodatná odchylka pevnosti vývrtů (pokud je menší než 2,0 MPa, dosadí se hodnota 2,0 MPa);
- k krajní mez závislá na počtu vývrtů n podle tab. 3.

Tab. 3 – Krajiní mez k pro počet n vývrtů

Počet n	k
10 až 14	5
7 až 9	6
3 až 6	7

Norma ČSN EN 13791 požaduje pro splnění požadavku na projektovanou pevnost betonu dosažení pouze 85 % charakteristické pevnosti dle ČSN EN 206 + A1 ve zkoumané konstrukci. Hodnoty takto uvažované charakteristické pevnosti $f_{ck, is}$ jsou uvedeny v tab. 4. [13]

Tab. 4 – Minimální charakteristická pevnost v betonu v tlaku v konstrukci $f_{ck, is}$ podle ČSN EN 13791 pro pevnostní třídy betonu dle ČSN EN 206 + A1

Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206-1	Poměr $f_{ck, is}/f_{ck}$ (vývrty/normová tělesa)	$f_{ck, is, cyl}$ [MPa]	$f_{ck, is, cube}$ [MPa]
C 8/10	0,85	7	9
C 12/15	0,85	10	13
C 16/20	0,85	14	17
C 20/25	0,85	17	21
C 25/30	0,85	21	26
C 30/37	0,85	26	31
C 35/45	0,85	30	38
C 40/50	0,85	34	43
C 45/55	0,85	38	47
C 56/60	0,85	43	51

2.2.2. Sekané sondy

Odstranění krycí vrstvy betonu představuje nepřesnější možnou metodou pro určení polohy, typu, průměru, množství a míry koroze. Jedná se však, stejně jako u metody jádrových vývrtů, o metodu značně poškozující konstrukci, a proto je velmi nevhodná pro aplikaci na velké množství zkušebních míst či dokonce pro plošné ověření výztuže.

Sekané sondy mohou však velmi dobře sloužit jako doplňující metody pro upřesnění měření nedestruktivními metodami (georadar, elektromagnetický indikátor výztuže). V současnosti jsou sekané sondy také jedinou spolehlivou metodou pro určení typu výztuže a míry její koroze.

Ačkoliv se jedná o přímou metodu, může i při jejím využití dojít k hrubým chybám. Při stanovení vyztužení určitého prvku pomocí sekané sondy dojde zpravidla k odhalení první, případně druhé vrstvy výztuže. V případě vyztužení ve více vrstvách tak hrozí, že část vyztužení nebude vůbec odhalena. Z tohoto důvodu je vhodné metodu sekané sondy kombinovat s jinými metodami, které dokáží výztuž ve více vrstvách odhalit, např. georadar.



Obr. 10 – Sekaná sonda pro ověření výztuže provedená na trámu

B. PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části této diplomové práce je popsán stavebně technický průzkum, který byl proveden na dvou průmyslových železobetonových halách, a také posudek konstrukce obou objektů. Oba zkoumané objekty se nacházejí v průmyslovém areálu. Pro potřeby této diplomové práce budou označeny jako Objekt „A“ a Objekt „B“.

1. POPIS KONSTRUKCE

1.1. POPIS KONSTRUKCE OBJEKTU „A“

Jedná se o masivní železobetonovou třípodlažní nepodsklepenou halu, která dle dostupné výkresové dokumentace pochází z přelomu padesátých a šedesátých let dvacátého století a lze ji označit jako modifikaci tzv. „Baťova skeletu“.

Půdorysně se jedná o třítrakt (v některých polích rozšířen na čtyřtrakt), který je rozdělen na tři dilatační celky. Nosnou konstrukci tvoří sloupy kruhového průřezu. V podélném směru navazují průvlaky, které jsou u sloupů půdorysně rozšířeny pomocí náběhů. Strop je tvořen železobetonovou deskou s příčnými žebry. Řady v podélném směru byly označeny čísly 1–6 a řady v příčném směru písmeny A–K (Obr. 13 a obr. 14).



Obr. 11 – Objekt "A"

1.2. POPIS KONSTRUKCE OBJEKTU „B“

Stejně jako u Objektu „A“ se jedná o masivní železobetonovou třípodlažní nepodsklepenou halu, dle dostupných informací však pochází pravděpodobně z konce čtyřicátých let dvacátého století a lze ji označit jako typický tzv. „Baťův skelet“.

Půdorysně se jedná o třítrakt (v některých polích rozšířen na čtyřtrakt), který je rozdělen na tři dilatační celky. Nosnou konstrukci tvoří sloupy kruhového průřezu, které jsou v místě dilatace děleny půdorysně na půlkruhy, čímž tvoří dilatační spáru. V podélném směru navazují průvlaky, které jsou u sloupů půdorysně rozšířeny pomocí náběhů. Strop je tvořen železobetonovou deskou s příčnými žebry a byl řešen formou ztraceného bednění. Podhled tedy tvoří železobetonová deska, která nebyla předmětem zkoumání. Řady v podélném směru byly označeny čísly 1–2 a řady v příčném směru písmeny I–K (Obr. 15).



Obr. 12 – Objekt "B"

2. ÚČEL PROVEDENÍ PRŮZKUMU

2.1. Účel provedení průzkumu objektu „A“

Cílem průzkumu Objektu „A“ bylo ověření materiálových charakteristik betonu konstrukce a ověření dodržení vyztužení dle projektové dokumentace, která byla z velké části k dispozici.

2.2. Účel provedení průzkumu objektu „B“

Cílem průzkumu Objektu „B“ bylo stanovení vyztužení prvků konstrukce a pevnosti betonu v místě budoucího umístění nové výrobní technologie.

3. ROZSAH PRŮZKUMU A UMÍSTĚNÍ SOND

3.1. ROZSAH PRŮZKUMU

Rozsah průzkumu i počet zkoumaných míst obou objektů byl stanoven po dohodě s objednatelem. V rámci posouzení dodržení projektovaných vlastností stavby bylo rozhodnuto o ověření pevností betonu a určení vyztužení ve vybraných reprezentativních místech konstrukce obou objektů.

3.1.1. Rozsah průzkumu objektu „A“

Průzkum se týkal nosných prvků stropů nad 1. a 2. NP. V každém podlaží zahrnoval sloupy pod stropem a průvlaky, žebra a desku stropní konstrukce.

3.1.2. Rozsah průzkumu objektu „B“

Průzkum se týkal nosných prvků stropu nad 2. NP v místě plánovaného přetížení.

3.2. UMÍSTĚNÍ SOND

Poloha vybraných míst pro sondy a odběr vzorků betonu byla korigována při jednání se zástupci vlastníka objektů, aby provádění zkoušek nenarušilo probíhající výrobu.

3.2.1. Umístění sond objektu „A“

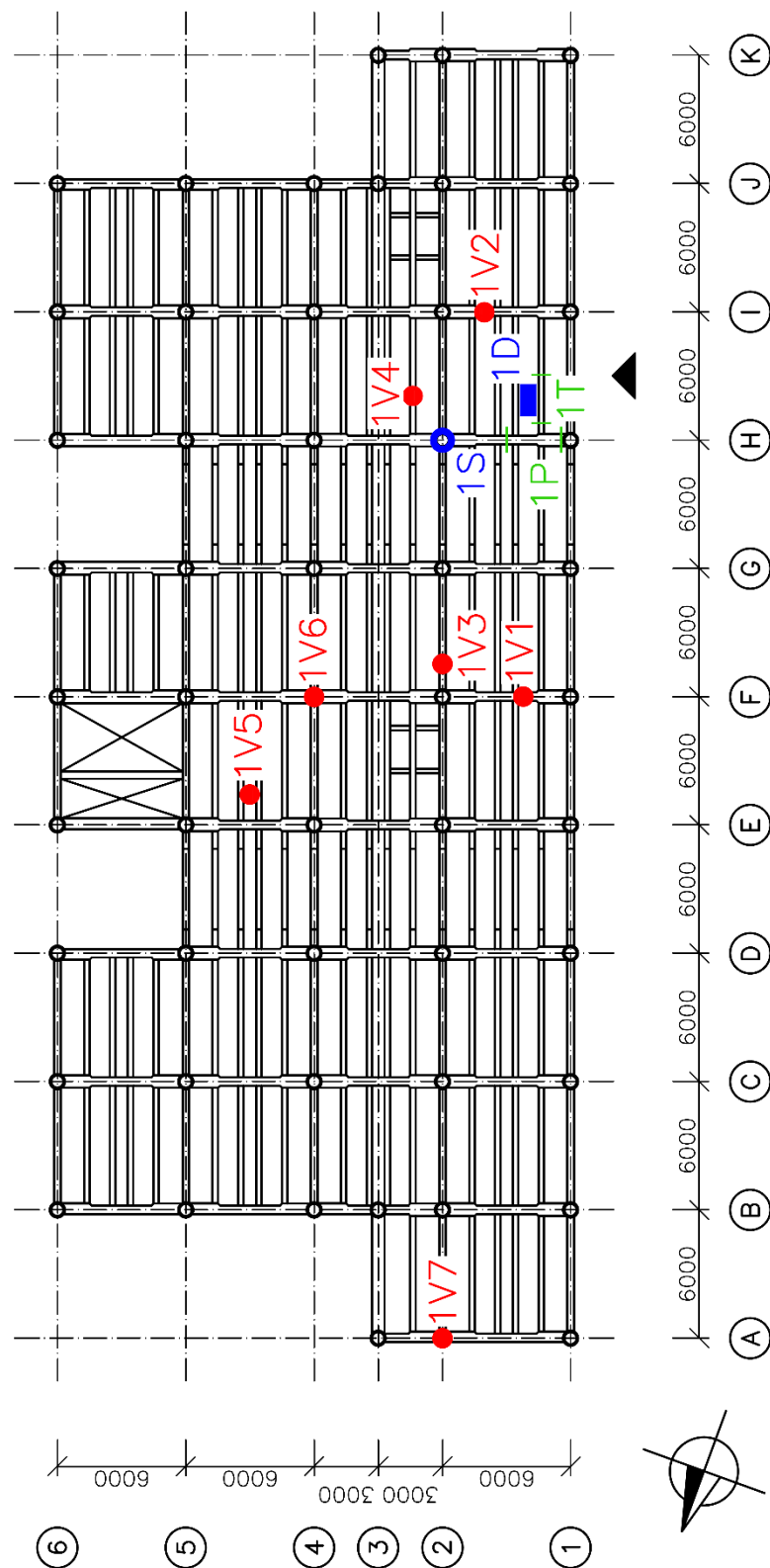
Pro stanovení kvality betonu stropní konstrukce nad 1. NP a sloupů v 1. NP:

- 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlaku (1V1, 1V2).
- 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra (1V3, 1V4).
- 1 jádrový vývrt v desce (1V5).
- 2 jádrové vývrty do vybraných sloupů (1V6, 1V7).

Pro stanovení vyztužení stropní konstrukce nad 1. NP a sloupů v 1. NP:

- 1 průvlak – stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (1P).
- 1 žebro – stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (1T).
- 1 místo kontroly výztuže v desce u spodního líce (1D).
- 1 místo kontroly výztuže ve sloupu (1S).

Schéma rozmístění zkušebních míst v 1. NP je znázorněno na obr. 13.



Obr. 13 – Schéma umístění jádrových vývrtů 1V1-1V7 a míst pro stanovení vyztužení 1S, 1D, 1P a 1T v 1. NP a stropu nad 1. NP Objektu „A“

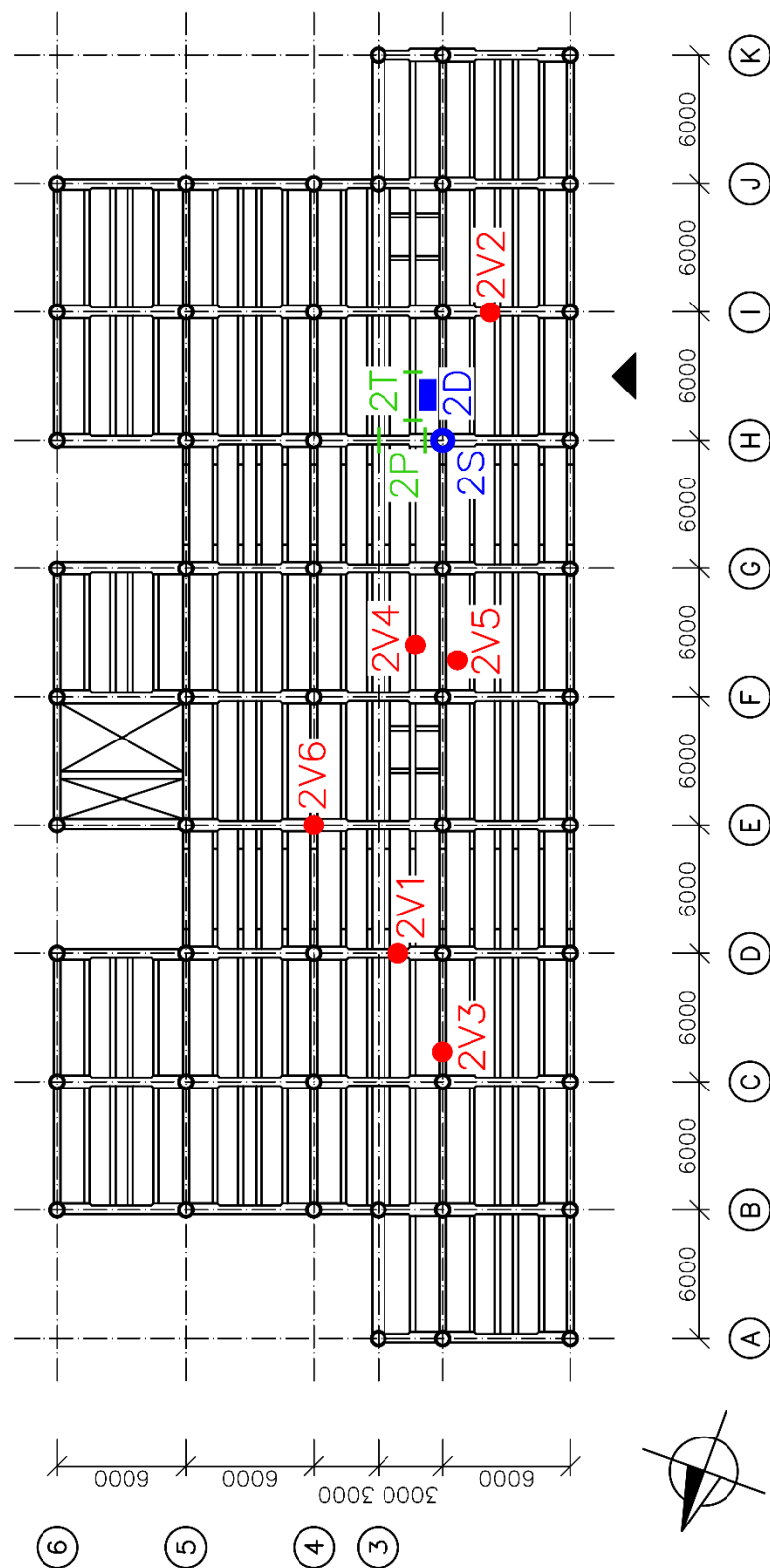
Pro stanovení kvality betonu stropní konstrukce nad 2. NP a sloupů v 2. NP:

- 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlaku (2V1, 2V2).
- 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra (2V3, 2V4).
- 1 jádrový vývrt v desce (2V5).
- 1 jádrový vývrt do vybraného sloupu (2V6).

Pro stanovení vyztužení stropní konstrukce nad 2. NP a sloupů v 2. NP:

- 1 průvlak – stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (2P).
- 1 žebro – stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (2T).
- 1 místo kontroly výztuže v desce u spodního líce (2D).
- 1 místo kontroly výztuže ve sloupu (2S).

Schéma rozmístění zkušebních míst v 2. NP je znázorněno na obr. 14.



Obr. 14 – Schéma umístění jádrových vývrtů 2V1-2V6 a míst pro stanovení vyztužení 2S, 2D, 2P a 2T ve 2. NP a stropu nad 2. NP Objektu „A“

3.2.2. Umístění sond objektu „B“

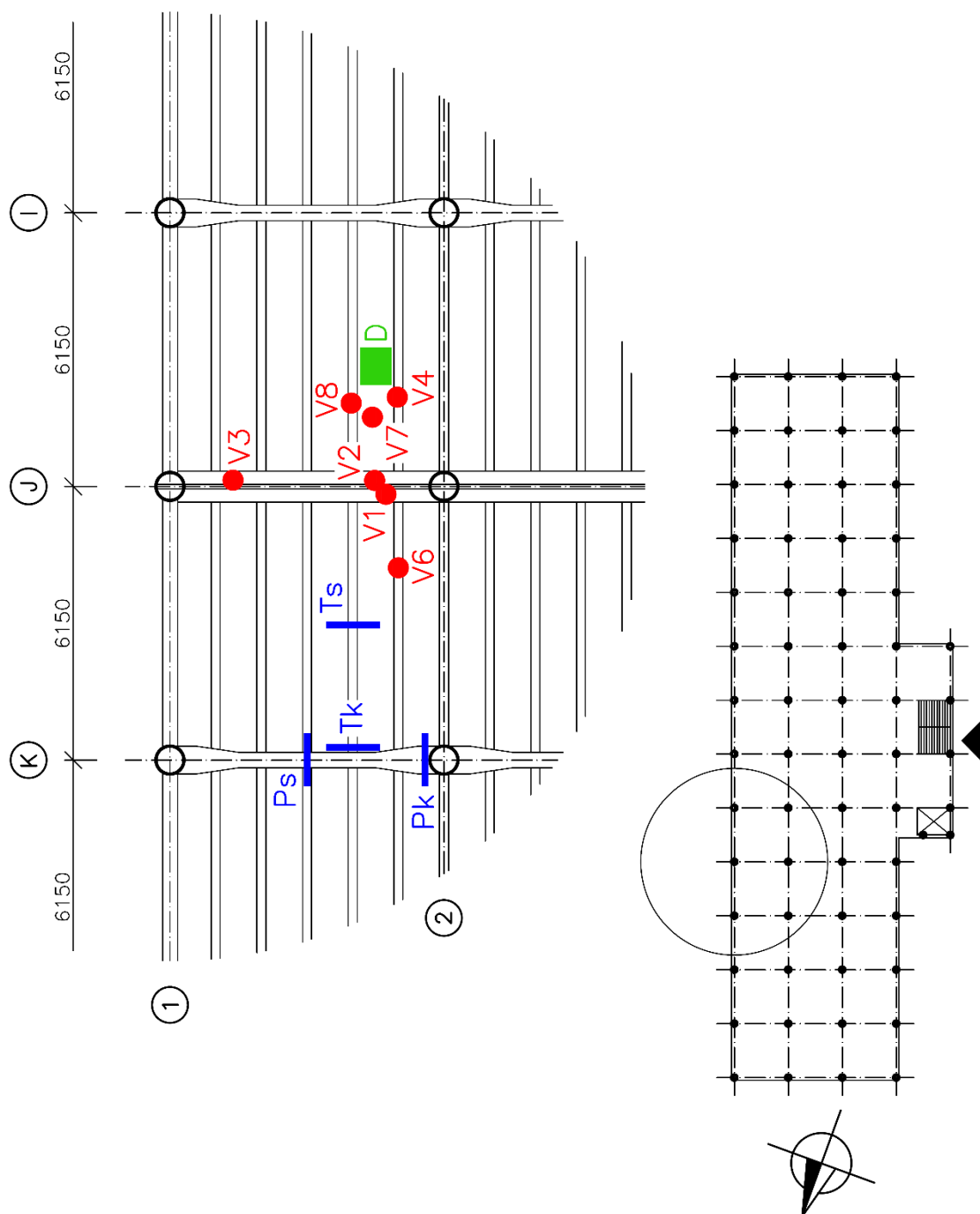
Pro stanovení kvality betonu stropní konstrukce nad 2. NP:

- 3 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlak (V1, V2, V3).
- 3 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra (V4, V5, V6).
- 1 jádrový vývrt v desce (V7).

Pro stanovení vyztužení stropní konstrukce nad 2. NP:

- 1 průvlak – stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (Ps, Pk).
- 1 žebro – stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (Ts, Tk).
- 1 místo kontroly výztuže v desce (D).

Schéma rozmístění zkušebních míst je znázorněno na obr. 15.







Obr. 15 – Schéma umístění jádrových vývrtů V1-V8 a míst pro stanovení vyztužení Ps, Pk, Ts a Tk ve stropu nad 2. NP Objektu „B“



4. VÝSLEDKY PRŮZKUMU



4.1. VÝSLEDKY PRŮZKUMU OBJEKTU „A“



4.1.1. Jádrové vývrty pro stanovení kvality betonu – 1. NP


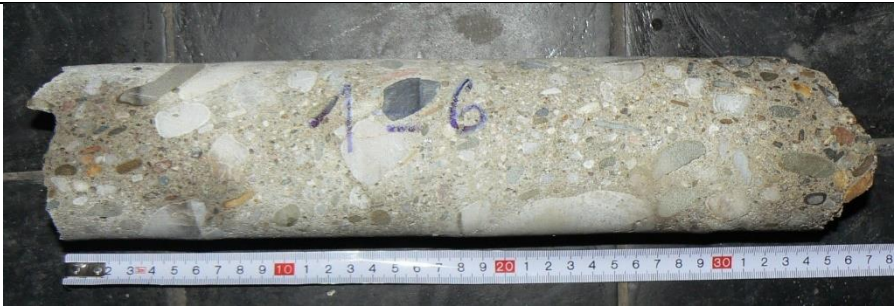
1V1	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	75 mm
Celková délka vývrtu	Cca 320 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none">- Kamenivo těžené- Frakce 0-16 mm- Maximální velikost zrn do 25 mm- Ojedinělé zrno 40 mm- Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<i>Obr. 16 – Místo sondy 1V1 do průvlaku nad 1. NP</i>	
	
<i>Obr. 17 – Jádrový vývrt 1V1</i>	



1V2	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	75 mm
Celková délka vývrtu	Cca 480 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 18 – Místo sondy 1V2 do průvlaku nad 1. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 19 – Jádrový vývrt 1V2</i></p>	

1V3	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 320 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Ojedinělé zrno 40 mm - Zachyceny vodorovné pracovní spáry - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 20 – Místo sondy 1V3 do trámu nad 1. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 21 – Jádrový vývrt 1V3</i></p>	



1V4	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 390 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Zachyceny vodorovné pracovní spáry - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 22 – Místo sondy 1V4 do trámu nad 1. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 23 – Jádrový vývrt 1V4</i></p>	



1V5	
Místo odběru	Deska ve stropu nad 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 140 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
 <p><i>Obr. 24 – Místo sondy 1V5 do desky nad 1. NP</i></p>	
 <p><i>Obr. 25 – Jádrový vývrt 1V5</i></p>	

1V6	
Místo odběru	Sloup v 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda vodorovně do sloupu ve výšce 1350 mm.
Průměr vývrtu	75 mm
Celková délka vývrtu	Cca 370 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Pórovitost mírná, póry do 3 mm - Karbonátce betonu do cca 100 mm
Fotodokumentace	
	
Obr. 26 – Místo sondy 1V6 do sloupu v 1. NP	
	
Obr. 27 – Jádrový vývrt 1V6	

1V7	
Místo odběru	Sloup v 1. NP (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Sonda vodorovně do sloupu ve výšce 1370 mm.
Průměr vývrtu	75 mm
Celková délka vývrtu	Cca 360 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Pórovitost mírná, póry do 3 mm - Karbonátce betonu do cca 20 mm
Fotodokumentace	
	
Obr. 28 – Místo sondy 1V7 do sloupu v 1. NP	
	
Obr. 29 – Jádrový vývrt 1V7	



4.1.2. Jádrové vývrty pro stanovení kvality betonu – 2. NP



2V1	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrту	75 mm
Celková délka vývrту	Cca 410 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 30 – Místo sondy 2V1 do průvlaku nad 2. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 31 – Jádrový vývrt 2V1</i></p>	

2V2	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	75 mm
Celková délka vývrtu	Cca 280 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Ojedinělé zrno 40 mm - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 32 – Místo sondy 2V2 do průvlaku nad 2. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 33 – Jádrový vývrt 2V2</i></p>	

2V3	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 280 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Ojedinělé zrno 30 mm - Zjevně malé procento hrubého kameniva - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 34 – Místo sondy 2V3 do trámu nad 2. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 35 – Jádrový vývrt 2V3</i></p>	

2V4	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 280 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Zjevně malé procento hrubého kameniva - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
Obr. 36 – Místo sondy 2V4 do trámu nad 2. NP	
	
Obr. 37 – Jádrový vývrt 2V4	

2V5	
Místo odběru	Deska ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 130 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Ojedinělé zrno 40 mm - Zjevně malé procento hrubého kameniva - Pórovitost mírná, póry do 3 mm
Fotodokumentace	
	
Obr. 38 – Místo sondy 2V5 do desky nad 2. NP	
	
Obr. 39 – Jádrový vývrt 2V5	

2V6	
Místo odběru	Sloup ve 2. NP (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Sonda vodorovně do sloupu ve výšce 1400 mm.
Průměr vývrtu	75 mm
Celková délka vývrtu	Cca 290 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Ojedinělé zrno 35 mm - Zjevně malé procento hrubého kameniva - Pórovitost mírná, póry do 3 mm - Karbonatace betonu do cca 8 mm
Fotodokumentace	
	
Obr. 40 – Místo sondy 2V6 do sloupu v 2. NP	
	
Obr. 41 – Jádrový vývrt 2V6	

4.1.3. Výsledky zkoušek betonu

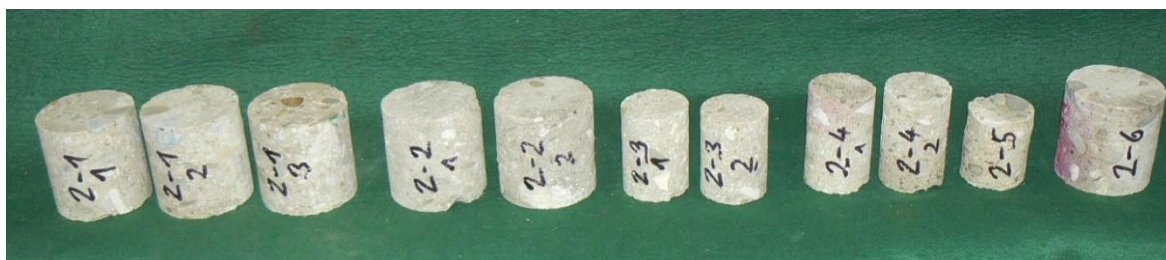
Z nosných prvků železobetonové konstrukce haly bylo odebráno celkem 13 kusů jádrových vývrtů, které jsou podrobně popsány výše. Z těchto jádrových vývrtů bylo odebráno 10 ze stropních konstrukcí a zbývající 3 ze sloupů v 1. a 2. NP. Celkem bylo vyrobeno 27 zkušebních těles pro laboratorní zkoušky betonu – viz obr. 42 až 44.



*Obr. 42 – Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 1V1 až 1V5
(průvlaky, trámy a deska nad 1. NP)*



*Obr. 43 – Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 1V6 a 1V7
(sloupy v 1. NP)*



*Obr. 44 – Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 2V1 až 2V6
(průvlaky, trámy a deska nad 2. NP a sloupu ve 2. NP)*

Na tělesech byla stanovena objemová hmotnost a pevnost v tlaku betonu. Výsledky zkoušek betonu jsou uvedeny v tab. 5 až tab. 8.

Tab. 5 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu v 1. NP

Těleso	Prvek	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m _r [g]	Objemová hmotnost přirozená D _r [kg/m ³]
1-1/1	Průvlak	74,0	77,0	717,1	2165
1-2/1	Průvlak	74,0	76,7	735,8	2231
1-2/2	Průvlak	73,9	76,2	710,3	2173
1-2/3	Průvlak	73,9	76,1	708,1	2169
1-2/4	Průvlak	74,0	77,3	718,0	2160
1-3/1	Trám	49,7	75,6	316,8	2160
1-3/2	Trám	49,9	51,3	205,4	2047
1-4/1	Trám	49,8	53,7	220,3	2106
1-4/2	Trám	49,9	65,4	272,8	2133
1-4/3	Trám	49,9	58,6	236,3	2062
1-5/1	Deska	49,9	65,1	280,7	2205
Průměr – stropní konstrukce					2150
1-6/1	Sloup	74,1	75,5	716,5	2201
1-6/2	Sloup	74,0	76,3	719,6	2193
1-7/1	Sloup	74,0	76,3	732,6	2232
1-7/2	Sloup	74,0	76,7	737,2	2235
1-7/3	Sloup	74,0	76,6	733,3	2226
Průměr – sloupy					2220

Objemová hmotnost betonu stropní konstrukce v přirozeně vlhkém stavu se pohybovala v rozmezí 2050–2230 kg/m³. Tato objemová hmotnost odpovídá použitému kamenivu. Nižší objemová hmotnost vyšla především u betonu stropních trámů. U betonu desky a sloupů byla naopak zjištěna objemová hmotnost vyšší.

Tab. 6 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu v 2. NP

Těleso	Prvek	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m_r [g]	Objemová hmotnost přirozená D_r [kg/m³]
2-1/1	Průvlak	74,0	76,0	702,7	2150
2-1/2	Průvlak	73,9	77,6	707,4	2125
2-1/3	Průvlak	74,0	75,3	698,6	2157
2-2/1	Průvlak	73,8	74,4	636,9	2001
2-2/2	Průvlak	73,9	75,6	662,6	2043
2-3/1	Trám	50,0	70,2	283,3	2055
2-3/2	Trám	50,1	67,8	284,7	2130
2-4/1	Trám	50,0	78,1	316,7	2065
2-4/2	Trám	49,9	78,5	312,8	2038
2-5/1	Deska	49,9	58,8	236,0	2052
Průměr – stropní konstrukce					2080
2-6/1	Sloup	74,0	75,5	688,2	2119
Průměr – sloupy					2120

Objemová hmotnost betonu stropní konstrukce v přirozeně vlhkém stavu se pohybovala v rozmezí 2000–2160 kg/m³. Tato objemová hmotnost odpovídá použitému kamenivu a horší kvalitě betonu. Nižší objemová hmotnost vyšla u betonu průvlaku 2–2, trámů 2–3 a 2–4 a desky 2–5.

Tab. 7 – Pevnost betonu v tlaku v 1. NP

Těleso	Max. síla F [kN]	Štíhlost λ	Koef. štíhlosti $K_{c,cyl}$	Koef. průměru $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cyl}$ [MPa]	Koef. krychelný $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]
1-1/1	75,5	1,04	0,86	0,93	14,1	1,252	17,7
1-2/1	103,1	1,04	0,86	0,93	19,2	1,251	24,1
1-2/2	90,3	1,03	0,86	0,93	16,9	1,252	21,1
1-2/3	96,1	1,03	0,86	0,93	17,9	1,252	22,4
1-2/4	66,8	1,04	0,86	0,93	12,5	1,252	15,6
1-3/1	25,4	1,52	0,95	0,91	11,3	1,252	14,1
1-3/2	19,9	1,03	0,86	0,91	8,0	1,252	10,0
1-4/1	20,2	1,08	0,87	0,91	8,2	1,252	10,3
1-4/2	26,6	1,31	0,92	0,91	11,4	1,252	14,2
1-4/3	20,4	1,17	0,90	0,91	8,5	1,252	10,6
1-5/1	69,5	1,30	0,78	0,91	25,3	1,249	31,6
Průměr – stropní konstrukce					13,9	-	17,4
1-6/1	92,0	1,02	0,86	0,93	17,0	1,252	21,3
1-6/2	98,7	1,03	0,86	0,93	18,4	1,252	23,0
1-7/1	82,4	1,03	0,86	0,93	15,3	1,252	19,2
1-7/2	78,1	1,04	0,86	0,93	14,6	1,252	18,2
1-7/3	82,0	1,04	0,86	0,93	15,3	1,252	19,1
Průměr – sloupy					16,1	-	20,2

Tab. 8 – Pevnost betonu v tlaku v 2. NP

Těleso	Max. síla F [kN]	Štíhlost λ	Koef. štíhlosti $K_{c,cyl}$	Koef. průměru $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cyl}$ [MPa]	Koef. krychelný $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]
2-1/1	110,2	1,03	0,86	0,93	20,5	1,251	25,6
2-1/2	89,4	1,05	0,87	0,93	16,8	1,252	21,0
2-1/3	110,9	1,02	0,86	0,93	20,5	1,251	25,7
2-2/1	49,1	1,01	0,85	0,93	9,1	1,252	11,4
2-2/2	43,2	1,02	0,86	0,93	8,0	1,252	10,1
2-3/1	44,6	1,40	0,93	0,91	19,3	1,251	24,1
2-3/2	38,5	1,35	0,93	0,91	16,4	1,252	20,6
2-4/1	27,5	1,56	0,95	0,91	12,2	1,252	15,2
2-4/2	23,4	1,57	0,95	0,91	10,4	1,252	13,0
2-5/1	26,7	1,18	0,90	0,91	11,1	1,252	13,9
Průměr – stropní konstrukce					14,4	-	18,1
2-6/1	107,1	1,07	0,87	0,93	20,2	1,251	25,2
Průměr – sloupy					15,2	-	25,2

Pevnosti betonu v tlaku zjištěné na zkušebních tělesech odebraných z průvlaků, trámů, desek a sloupů ukázaly, že se obecně jedná o beton horší kvality. Pevnost se lišila dle typu prvků a podlaží.

4.1.4. Vyhodnocení výsledků zkoušek betonu

Pro vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku na základě jádrových vývrtů byl použit postup B dle ČSN EN 13791, který je určen pro 3 až 14 jádrových vývrtů (viz kapitola 2.2.1. – Jádrové vývrty).

Vyhodnocení betonu stropní konstrukce v 1. NP

Tab. 9 – Pevnost betonu stropní konstrukce v 1. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 13791

Část konstrukce	Kritérium průměr $f_{m(n),is}$ [MPa]	Kritérium minimum $f_{m(n),is}$ [MPa]	$f_{ck,is}$ [MPa]
Celá stropní konstrukce	17,4 - 7	10,0 + 4	10,4
Jen průvlaky	20,2 - 7	15,6 + 4	13,2

Pevnostní třídy jednotlivých částí konstrukcí byly za využití podmínky $f_{ck,is} = 0,85 f_{ck}$, kterou norma ČSN EN 13791 umožňuje, stanoveny následovně:

Tab. 10 – Zatřídění betonu stropní konstrukce v 1. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 206 + A1

Část konstrukce	Podmínka	Pevnostní třída dle ČSN EN 206 + A1
Celá stropní konstrukce	$f_{ck,is} = 10,4 \text{ MPa} \geq 8,5 \text{ MPa}$	C 8/10
Jen průvlaky	$f_{ck,is} = 13,2 \text{ MPa} \geq 12,8 \text{ MPa}$	C 12/15

Beton celé stropní konstrukce dle normy ČSN EN 1992-1-1 **nesplňuje** požadavky pro beton do nosných železobetonových konstrukcí, minimální požadovaná pevnostní třída je C 12/15. Při samostatném vyhodnocení průvlaků beton tyto požadavky těsně splňuje, pevnostní třída betonu byla určena jako C 12/15.

Vyhodnocení betonu stropní konstrukce v 2. NP

Tab. 11 – Pevnost betonu stropní konstrukce v 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 13791

Část konstrukce	Kritérium průměr $f_{m(n),is}$ [MPa]	Kritérium minimum $f_{m(n),is}$ [MPa]	$f_{ck,is}$ [MPa]
Celá stropní konstrukce	18,1 - 7	10,1 + 4	11,1
Jen průvlaky	18,8 - 7	13,0 + 4	11,8

Pevnostní třídy jednotlivých částí konstrukcí byly za využití podmínky $f_{ck,is} = 0,85 f_{ck}$, kterou norma ČSN EN 13791 umožňuje, stanoveny následovně:

Tab. 12 – Zatřídění betonu stropní konstrukce v 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 206 + A1

Část konstrukce	Podmínka	Pevnostní třída dle ČSN EN 206 + A1
Celá stropní konstrukce	$f_{ck,is} = 11,1 \text{ MPa} \geq 8,5 \text{ MPa}$	C 8/10
Jen průvlaky	$f_{ck,is} = 11,8 \text{ MPa} \geq 8,5 \text{ MPa}$	C 8/10

Beton celé stropní konstrukce dle normy ČSN EN 1992-1-1 **nesplňuje** požadavky pro beton do nosných železobetonových konstrukcí, minimální požadovaná pevnostní třída je C 12/15. V 2. NP nesplňuje beton tuto podmínku ani při samostatném vyhodnocení průvlaků.

Vyhodnocení betonu sloupů v 1. NP a 2. NP

Tab. 13 – Pevnost betonu sloupů v 1. NP a 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 13791

Část konstrukce	Kritérium průměr $f_{m(n),is}$ [MPa]	Kritérium minimum $f_{m(n),is}$ [MPa]	$f_{ck,is}$ [MPa]
Sloupy	21,0 - 7	18,2 + 4	14,0

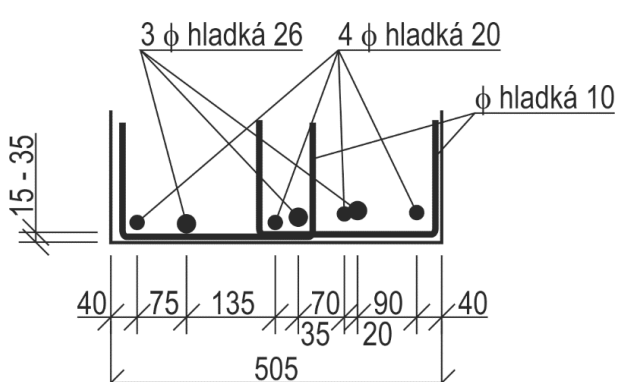
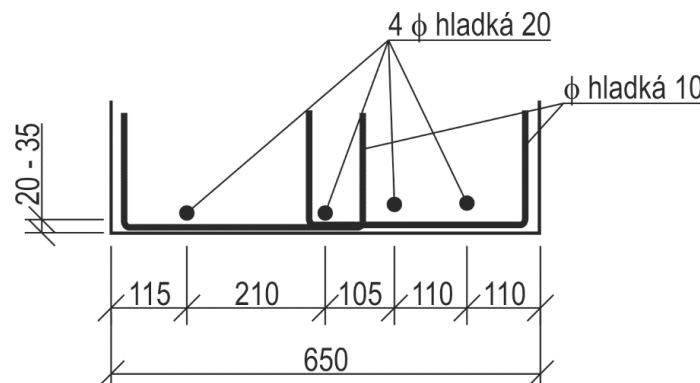
Pevnostní třídy jednotlivých částí konstrukcí byly za využití podmínky $f_{ck,is} = 0,85 f_{ck}$, kterou norma ČSN EN 13791 umožňuje, stanoveny následovně:

Tab. 14 – Zatřídění betonu sloupů v 1. NP a 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 206 + A1

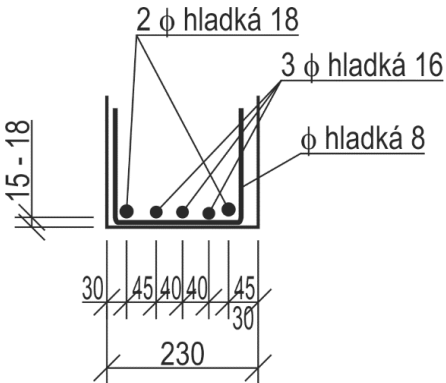
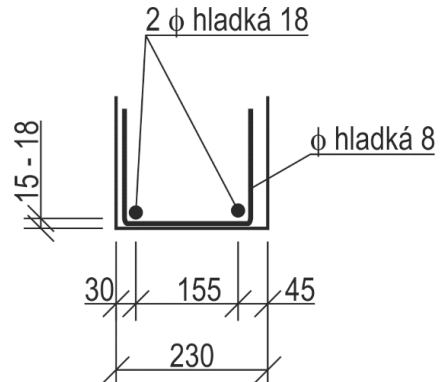
Část konstrukce	Podmínka	Pevnostní třída dle ČSN EN 206 + A1
Sloupy	$f_{ck,is} = 14,0 \text{ MPa} \geq 12,8 \text{ MPa}$	C 12/15

Sloupy byly hodnoceny společně, jelikož bylo v 2. NP získáno pouze jedno zkušební těleso. Beton sloupů dle normy ČSN EN 1992-1-1 **splňuje** požadavky pro beton do nosných železobetonových konstrukcí.

4.1.5. Stanovení vyztužení sloupu a stropu – 1. NP

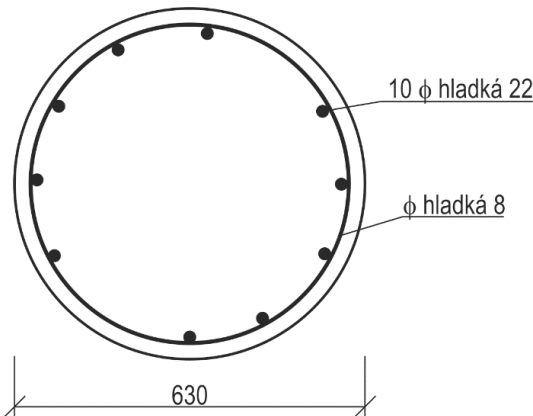
1P	
Místo odběru	Průvlak rámu H v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže, vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory.
Použité metody	- Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
 <p>Obr. 45 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 1P uprostřed rozpětí</p>	
 <p>Obr. 46 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 1P u podpory</p>	

Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí	
Zjištěno	Dle projektu
3x Ø 26 mm, krytí 15–35 mm 4x Ø 20 mm, krytí 20–35 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø 10 mm á 240 mm, krytí 0–5 mm Typ výztuže: hladká	3x Ø B 26 mm 4x Ø B 20 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø B 10 mm á 200 mm
Srovnání s projektem: Zjištěná hlavní nosná výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Zjištěna byla odchylka v rozteči třmínků. Rozteče třmínků jsou větší, než požaduje projekt, v průměru 240 mm místo 200 mm.	
Výsledky stanovení vyztužení u podpory	
Zjištěno	Dle projektu
4x Ø 20 mm, krytí 20–35 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø 10 mm á 200 mm, krytí 0–5 mm Typ výztuže: hladká	4x Ø B 20 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø B 10 mm á 200 mm
Srovnání s projektem: Zjištěná hlavní nosná výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Průvlak má na koncích rozšíření, které není ve výkresu uvedeno, je rozšířen na šířku sloupů.	

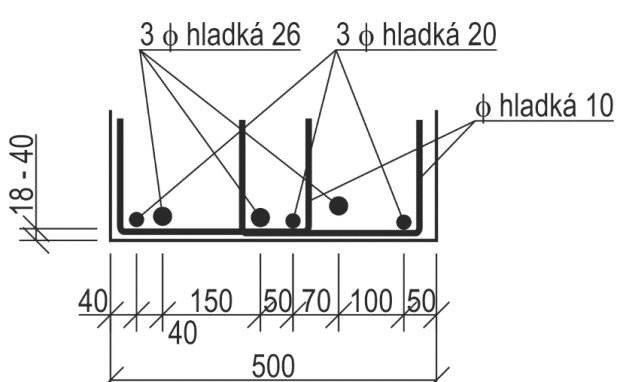
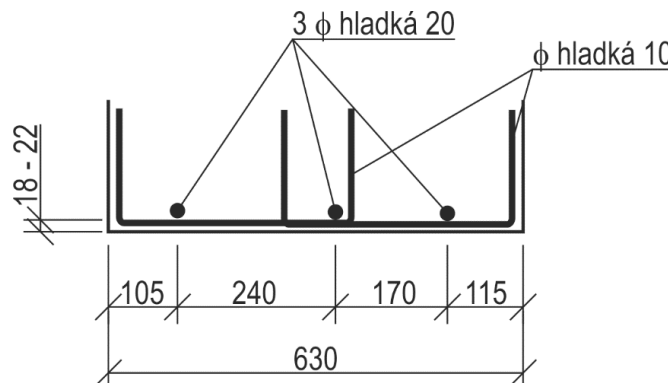
1T	
Místo odběru	Trám mezi rámem H–I v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže, vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory, stanovena i poloha ohybů smykové výztuže.
Použité metody	<ul style="list-style-type: none"> - Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
 <p>Obr. 47 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 1T uprostřed rozpětí</p>	
 <p>Obr. 48 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 1T u podpory</p>	

Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí	
Zjištěno	Dle projektu
2x Ø 18 mm, krytí 15–18 mm 3x Ø 16 mm, krytí 15–16 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø 8 mm á 280 mm, krytí 0–5 mm Typ výztuže: hladká	Není k dispozici
Srovnání s projektem: Výkres vyztužení daného prvku není k dispozici, srovnání není možné.	
Výsledky stanovení vyztužení u podpory	
Zjištěno	Dle projektu
2x Ø 18 mm, krytí 15–18 mm Třmínky: dvojstřižné Ø 8 mm á 280 mm, krytí 0–5 mm Typ výztuže: hladká	Není k dispozici
Srovnání s projektem: Výkres vyztužení daného prvku není k dispozici, srovnání není možné.	

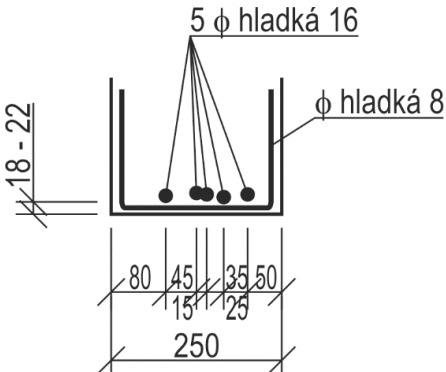
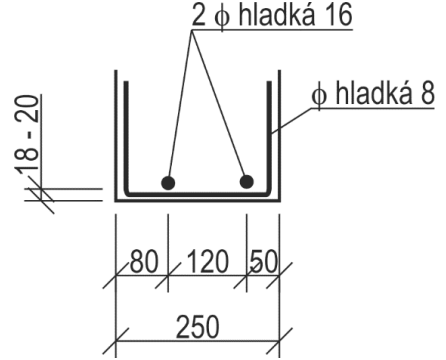
1D	
Místo odběru	Deska mezi rámem H-I v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	<ul style="list-style-type: none"> - Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha výztuže byla stanovena z horního povrchu desky elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Výsledky stanovení výztužení	
Zjištěno	Dle projektu
Hlavní výztuž: Ø 6,5 mm á 80 mm, krytí 5 mm	Hlavní výztuž: 12x Ø B 6 mm na 1 bm (á 83 mm)
Rozdělovací výztuž: 5x Ø 6 mm, krytí 12 mm	Rozdělovací výztuž: Ø B 6 mm á 250 mm (5x ve vzdálenosti mezi trámy)
Typ výztuže: hladká	
Srovnání s projektem: Výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací, zjištěna pouze drobná odchylka v průměru hlavní výztuže na stranu bezpečnou.	

1S	
Místo odběru	Sloup H2 (poloha vyznačena na obr. 13).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	<ul style="list-style-type: none"> - Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
 <p>Obr. 49 – Schematický výkres výztuže sloupu v místě sondy 1S</p>	
Výsledky stanovení vyztužení	
Zjištěno	Dle projektu
10x Ø 22 mm, krytí 30–55 mm Třmínky: spirála Ø 8 mm á 200 mm, krytí 20–45 mm Typ výztuže: hladká	10x Ø B 22 mm Třmínky: spona Ø B 8 mm á 200 mm
Srovnání s projektem: Výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Odchylka je v konstrukci třmíneků, ve skutečnosti jsou ovíjené. Sloup má menší průměr 630 mm místo projektovaných 650 mm.	

4.1.6. Stanovení vyztužení sloupu a stropu – 2. NP

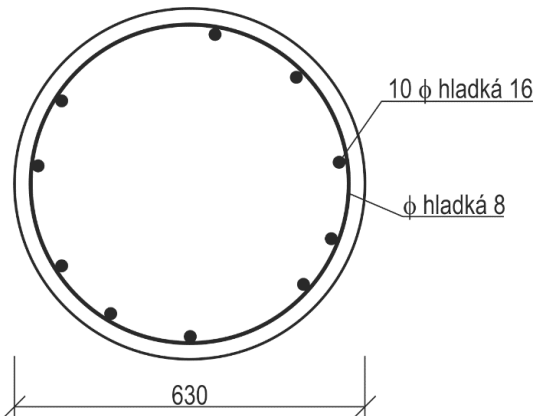
2P	
Místo odběru	Průvlak rámu H v poli 2–3 (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže, vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory.
Použité metody	- Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
 <p>Obr. 50 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 2P uprostřed rozpětí</p>	
 <p>Obr. 51 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 2P u podpory</p>	

Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí	
Zjištěno	Dle projektu
3x Ø 26 mm, krytí 22–40 mm 3x Ø 20 mm, krytí 18–22 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø 10 mm á 250 mm, krytí 2 mm Typ výztuže: hladká	3x Ø B 26 mm 3x Ø B 20 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø B 10 mm á 200 mm
Srovnání s projektem: Zjištěná hlavní nosná výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Zjištěna byla odchylka v rozteči třmínků. Rozteče třmínků jsou větší, než požaduje projekt, v průměru 250 mm místo 200 mm.	
Výsledky stanovení vyztužení u podpory	
Zjištěno	Dle projektu
3x Ø 20 mm, krytí 20–40 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø 10 mm á 200 mm, krytí 2 mm Typ výztuže: hladká	3x Ø B 20 mm Třmínky: 2x dvojstřižné Ø B 10 mm á 200 mm
Srovnání s projektem: Zjištěná hlavní nosná výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Průvlak má na koncích rozšíření, které není ve výkresu uvedeno, je rozšířen na šířku sloupů.	

2T	
Místo odběru	Trám mezi rámem H–I v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže, vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory, stanovena i poloha ohybů smykové výztuže.
Použité metody	<ul style="list-style-type: none"> - Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
 <p>Obr. 52 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 2T uprostřed rozpětí</p>	
 <p>Obr. 53 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 2T u podpory</p>	

Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí	
Zjištěno	Dle projektu
<p>5x Ø 16 mm, krytí 18–22 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø 8 mm á 240 mm (nepravidelně), krytí 5 mm</p> <p>Typ výztuže: hladká</p>	<p>5x Ø B 16 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø B 8 mm á 250 mm</p>
<p>Srovnání s projektem: Zjištěná výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Třmínky mají oproti projektu mírně menší rozteče.</p>	
Výsledky stanovení vyztužení u podpory	
Zjištěno	Dle projektu
<p>2x Ø 16 mm, krytí 18–22 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø 8 mm á 240 mm, krytí 5 mm</p> <p>Typ výztuže: hladká</p>	<p>2x Ø B 16 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø B 8 mm á 250 mm</p>
<p>Srovnání s projektem: Zjištěná výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Třmínky mají oproti projektu mírně menší rozteče.</p>	

2D	
Místo odběru	Deska mezi rámem H-I v poli 2–3 (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	<ul style="list-style-type: none"> - Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha výztuže byla stanovena z horního povrchu desky elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Výsledky stanovení výztužení	
Zjištěno	Dle projektu
<p>Hlavní výztuž: \varnothing 6,2 mm á 180 mm (nepravidelně), krytí 5 mm</p> <p>Rozdělovací výztuž: \varnothing 6,2 mm (4x ve vzdálenosti mezi trámy, rozteče 200, 300, 200 mm), krytí 11 mm</p> <p>Typ výztuže: hladká</p>	<p>Hlavní výztuž: 12x \varnothing B 6 mm na 1 bm (á 83 mm)</p> <p>Rozdělovací výztuž: \varnothing B 6 mm á 250 mm (5x ve vzdálenosti mezi trámy)</p>
Srovnání s projektem: Zjištěná výztuž v daném místě prvku se liší od projektu. Hlavní odchylkou jsou větší rozteče hlavní výztuže i mírně odlišná rozteč rozdělovací výztuže.	

2S	
Místo odběru	Sloup H2 (poloha vyznačena na obr. 14).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	<ul style="list-style-type: none"> - Magnetický indikátor Profometer 3 - Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
 <p>Obr. 54 – Schematický výkres výztuže sloupu v místě sondy 2S</p>	
Výsledky stanovení vyztužení	
Zjištěno	Dle projektu
10x Ø 16 mm, krytí 45–55 mm Třmínky: spirála Ø 8 mm á 150 mm, krytí 35–45 mm Typ výztuže: hladká	10x Ø B 16 mm Třmínky: spona Ø B 8 mm á 200 mm
Srovnání s projektem: Výztuž v daném místě prvku se shoduje s projektovou dokumentací. Odchylka je v konstrukci třmínků, ve skutečnosti jsou ovíjené a s menší roztečí. Jedná se o odchylku na stranu bezpečnou. Sloup má větší průměr 630 mm místo projektovaných 600 mm.	

4.1.7. Tvarové odchylky konstrukce

Během průzkumu byly zjištěny tvarové odchylky některých prvků konstrukce v porovnání s dostupnou výkresovou dokumentací. Jedná se zejména o vodorovné rozšíření průvlaků u sloupů, kde je průvlak rozšířen, aby jeho šířka odpovídala průměru sloupu (Obr. 53). Dále byly zjištěny odchylky průměrů sloupů, konkrétně u sloupu v 1. NP (sonda 1S) byl zjištěn menší průměr (630 mm oproti 650 mm dle výkresové dokumentace) a u sloupu ve 2. NP (sonda 2S) byl zjištěn větší průměr (630 mm oproti 600 mm dle výkresové dokumentace). Sonda 2V5 zjistila odchylku v tloušťce stropní desky (90 mm oproti 80 mm dle výkresové dokumentace).





Obr. 55 – Vodorovné rozšíření průvlaků na šířku sloupu



4.1.8. Hloubka karbonatace betonu



Karbonatace byla zjištěna ve všech zkoumaných prvcích do hloubky max. 10 mm s výjimkou sloupu v 1. NP (sonda 1S), kde byla zjištěna hloubka karbonatace 20 mm a 100 mm.



4.2. VÝSLEDKY PRŮZKUMU OBJEKTU „B“



4.2.1. Jádrové vývrty pro stanovení kvality betonu



V1	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 260 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none">- Kamenivo těžené- Frakce 0-16 mm- Maximální velikost zrn do 25 mm- Ojedinělé zrno 30 mm- Zachycena vodorovná pracovní spára- Pórovitost nízká, póry do 2 mm
Fotodokumentace	
	
<i>Obr. 56 – Pohled na místo sondy V1 a V2 do průvlaku nad 2. NP</i>	
	
<i>Obr. 57 – Jádrový vývrt V1</i>	



V2	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 290 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Ojedinělé zrno 30 mm - Zachycena vodorovná pracovní spára - Pórovitost nízká, póry do 2 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 58 – Místo sondy V1 a V2 do průvlaku nad 2. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 59 – Jádrový vývrt V2</i></p>	

V3	
Místo odběru	Průvlak ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 275 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Ojedinělé zrno 50 mm - Zachycena vodorovná pracovní spára - Pórovitost nízká, póry do 2 mm
Fotodokumentace	
 <p><i>Obr. 60 – Místo sondy V3 do průvlaku nad 2. NP</i></p>	
 <p><i>Obr. 61 – Jádrový vývrt V3</i></p>	

V4	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 330 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Ojedinělé zrno 30 mm - Zachycena vodorovná pracovní spára - Pórovitost nízká, póry do 2 mm
Fotodokumentace	
 <p><i>Obr. 62 – Místo sondy V4 do trámu nad 2. NP</i></p>	
 <p><i>Obr. 63 – Jádrový vývrt V4</i></p>	

V5	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 340 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Ojedinělé zrno 35 mm - Zachycena vodorovná pracovní spára - Pórovitost nízká, póry do 1 mm, ojediněle 5 mm
Fotodokumentace	
 <p><i>Obr. 64 – Místo sondy V5 do trámu nad 2. NP</i></p>	
 <p><i>Obr. 65 – Jádrový vývrt V5</i></p>	

V6	
Místo odběru	Trám ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 280 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Zachycena vodorovná pracovní spára - Část vzorku v hloubce trámu mírně mezerovitá
Fotodokumentace	
 <p><i>Obr. 66 – Místo sondy V6 do trámu nad 2. NP</i></p>	
 <p><i>Obr. 67 – Jádrový vývrt V6</i></p>	

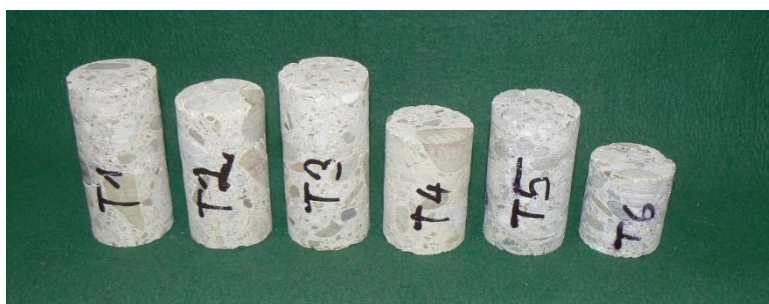
V7	
Místo odběru	Deska ve stropu nad 2. NP (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Sonda shora do stropu.
Průměr vývrtu	50 mm
Celková délka vývrtu	Cca 95 mm
Popis betonu	<ul style="list-style-type: none"> - Kamenivo těžené - Frakce 0-16 mm - Maximální velikost zrn do 25 mm - Zachycena vodorovná pracovní spára - Pórovitost mírná, póry do 2 mm
Fotodokumentace	
	
<p><i>Obr. 68 – Místo sondy V7 do desky nad 2. NP</i></p>	
	
<p><i>Obr. 69 – Jádrový vývrt V7</i></p>	

4.2.2. Výsledky zkoušek betonu

Z nosných prvků železobetonové konstrukce haly bylo odebráno celkem 13 kusů jádrových vývrtů, které jsou podrobně popsány výše. Z těchto jádrových vývrtů bylo odebráno 10 ze stropních konstrukcí a zbývající 3 ze sloupů v 1. a 2. NP. Celkem bylo vyrobeno 27 zkušebních těles pro laboratorní zkoušky betonu – viz obr. 68 až 70.



*Obr. 70 – Zkušební tělesa P1 až P6 vyrobená ze vzorků V1 až V3
(průvlaky)*



*Obr. 71 – Zkušební tělesa T1 až T6 vyrobená ze vzorků V4 až V6
(trámy)*



*Obr. 72 – Zkušební tělesa D1 až D7 vyrobená ze vzorků V1 až V7
(desky)*

Na tělesech byla stanovena objemová hmotnost, rychlost šíření ultrazvukového vlnění s výpočtem dynamických a statických modulů pružnosti a pevnost v tlaku betonu. Výsledky zkoušek betonu jsou uvedeny v tab. 15 až tab. 23.

Tab. 15 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu desek

Těleso	Prvek	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m_r [g]	Objemová hmotnost přirozená D_r [kg/m³]
D1	Deska	50,2	64,0	282,0	2226
D2	Deska	50,2	69,0	289,0	2116
D3	Deska	50,4	66,2	281,0	2128
D4	Deska	50,4	64,6	280,0	2173
D5	Deska	50,4	67,6	298,0	2210
D6	Deska	50,4	55,0	245,0	2233
D7	Deska	50,4	56,0	244,0	2184
Průměr – desky					2180

Tab. 16 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu průvlaků

Těleso	Prvek	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m_r [g]	Objemová hmotnost přirozená D_r [kg/m³]
P1	Průvlak	50,4	74,0	331,0	2242
P2	Průvlak	50,2	45,5	198,0	2199
P3	Průvlak	50,2	53,0	221,0	2107
P4	Průvlak	50,2	93,7	403,0	2173
P5	Průvlak	50,2	56,6	246,0	2196
P6	Průvlak	50,2	52,2	224,0	2168
Průměr – průvlaky					2180

Tab. 17 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu trámů

Těleso	Prvek	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m _r [g]	Objemová hmotnost přirozená D _r [kg/m ³]
T1	Trám	50,4	101,2	444,0	2199
T2	Trám	50,2	88,9	390,0	2216
T3	Trám	50,2	101,8	450,0	2233
T4	Trám	50,2	73,2	331,0	2285
T5	Trám	50,4	85,7	394,0	2304
T6	Trám	50,4	52,6	234,0	2230
Průměr – trámy					2240

Tab. 18 – Ultrazvuková měření na vzorcích betonu z desek v přirozeně vlhkém stavu

Těleso	Čas průchodu UZ T _{uz} [μs]			Rychlost UZ vlnění v _l [m/s]				Modul pruž. E _{cu} [GPa]	Modul pruž. E _c [GPa]
	„1“	„2“	„3“	„1“	„2“	„3“	Průměr	Dynamický	Statický
D1	16,5	16,7	16,6	3879	3832	3855	3860	29,8	18,5
D2	20,2	19,8	19,5	3416	3485	3538	3480	23,1	14,3
D3	18,5	19,6	18,9	3578	3378	3503	3490	23,3	14,5
D4	19,0	19,1	20,0	3400	3382	3230	3340	21,8	13,5
D5	20,8	20,7	21,3	3250	3266	3174	3230	20,8	12,9
D6	13,5	13,9	13,9	4074	3957	3957	4000	32,2	19,9
D7	14,5	15,0	14,8	3862	3733	3784	3790	28,2	17,5
Průměr – desky								25,6	15,9

Tab. 19 – Ultrazvuková měření na vzorcích betonu z průvlaků v přirozeně vlhkém stavu

Těleso	Čas průchodu UZ T _{uz} [μs]			Rychlost UZ vlnění v _l [m/s]				Modul pruž. E _{cu} [GPa]	Modul pruž. E _c [GPa]
	„1“	„2“	„3“	„1“	„2“	„3“	Průměr	Dynamický	Statický
P1	18,9	19,2	19,1	3915	3854	3874	3880	30,4	18,8
P2	14,3	13,5	13,5	3182	3370	3370	3310	21,7	13,4
P3	15,9	14,5	15,2	3333	3655	3655	3490	23,1	14,3
P4	25,6	26,2	26,4	3660	3576	3576	3600	25,3	15,7
P5	16,4	15,3	16,1	3451	3699	3699	3560	25,0	15,5
P6	14,9	15,0	15,3	3503	3480	3480	3470	23,5	14,6
Průměr – průvlaky								24,8	15,4

Tab. 20 – Ultrazvuková měření na vzorcích betonu z trámů v přirozeně vlhkém stavu

Těleso	Čas průchodu UZ T_{uz} [μs]			Rychlost UZ vlnění v_l [m/s]				Modul pruž. E_{cu} [GPa]	Modul pruž. E_c [GPa]
	„1“	„2“	„3“	„1“	„2“	„3“	Průměr	Dynamický	Statický
T1	30,6	30,6	29,9	3307	3307	3385	3330	21,9	15,6
T2	26,9	27,1	27,2	3305	3280	3268	3280	21,5	15,2
T3	29,9	30,0	30,2	3405	3393	3371	3390	23,1	16,4
T4	19,9	19,4	19,0	3678	3773	3853	3770	29,2	20,8
T5	22,7	22,6	22,6	3775	3792	3792	3790	29,8	21,1
T6	15,8	15,3	15,0	3329	3438	3507	3420	23,5	16,7
Průměr – trámy								24,8	17,6

Tab. 21 – Pevnost v tlaku betonu z desek

Těleso	Max. síla F [kN]	Štíhlost λ	Koef. štíhlosti $K_{c,cyl}$	Koef. průměru $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cyl}$ [MPa]	Koef. krychelný $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]
D1	22,0	1,27	0,91	0,91	9,2	1,252	11,6
D2	18,0	1,37	0,93	0,91	7,7	1,252	9,6
D3	22,0	1,31	0,92	0,91	9,2	1,252	11,6
D4	16,5	1,28	0,91	0,91	11,1	1,252	13,8
D5	22,0	1,34	0,92	0,91	9,3	1,252	11,6
D6	40,0	1,09	0,88	0,91	16,0	1,252	20,0
D7	27,0	1,11	0,88	0,91	10,9	1,252	13,6
Průměr – desky					10,5	-	13,1

Tab. 22 – Pevnost v tlaku betonu z průvlaků

Těleso	Max. síla F [kN]	Štíhlost λ	Koef. štíhlosti $K_{c,cyl}$	Koef. průměru $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cyl}$ [MPa]	Koef. krychelný $K_{c,cube}$	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]
P1	33,0	1,47	0,94	0,91	14,2	1,252	17,7
P2	28,0	0,91	0,70	0,91	9,0	1,252	11,3
P3	25,5	1,06	0,87	0,91	10,2	1,252	12,7
P4	28,0	1,87	0,99	0,91	12,7	1,252	15,9
P5	23,0	1,13	0,89	0,91	9,4	1,252	11,7
P6	62,0	1,04	0,86	0,91	24,6	1,249	30,7
Průměr – průvlaky					13,3	-	16,7

Tab. 23 – Pevnost v tlaku betonu z trámů

Těleso	Max. síla F [kN]	Štíhlost λ	Koef. štíhlosti K_{c,cyl}	Koef. průměru K_{c,cube}	Pevnost f_{c,cyl} [MPa]	Koef. krychelný K_{c,cube}	Pevnost f_{c,cube} [MPa]
T1	42,5	2,01	1,00	0,91	19,4	1,251	24,3
T2	32,0	1,77	0,98	0,91	14,4	1,252	18,0
T3	29,0	2,03	1,00	0,91	13,4	1,252	16,7
T4	44,0	1,46	0,94	0,91	19,0	1,251	23,8
T5	39,0	1,70	0,97	0,91	17,2	1,252	21,6
T6	52,5	1,04	0,86	0,91	20,7	1,251	25,9
Průměr – trámy					19,1	-	21,7

Výsledky zkoušek na zkušebních tělesech odebraných z průvlaků, trámů a desek ukázaly, že se obecně jedná o beton poměrně nízké kvality. Zjištěná objemová hmotnost betonu desek a průvlaků dosahovala průměrné hodnoty 2180 kg/m³, objemová hmotnost betonu trámů dosahovala průměrné hodnoty 2240 kg/m³. Tyto hodnoty se pohybují v mezích odpovídajících normálnímu hutnému betonu.

Zjištěná rychlost šíření ultrazvukového vlnění se pohybovala od 3200 do 4000 m/s, přičemž průměrná hodnota se pohybovala kolem 3500 m/s. Tyto hodnoty již poukazovaly na beton nízké kvality. Ze zjištěné rychlosti šíření ultrazvukového vlnění byly určeny hodnoty dynamického modulu pružnosti betonu, které se pohybovaly kolem 24 až 25 GPa. Statický modul pružnosti beton byl stanoven přepočtem z dynamického modulu pružnosti a dosahoval hodnot 15 až 17 GPa.

Pevnost betonu v tlaku dosahovala velmi nízkých hodnot, zejména pak u desek. Důvodem takto nízkých hodnot byla pravděpodobně nízká soudržnost cementového tmelu a kameniva.

4.2.3. Vyhodnocení výsledků zkoušek betonu

Pro vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku na základě jádrových vývrtů byl použit postup B dle ČSN EN 13791, který je určen pro 3 až 14 jádrových vývrtů (viz kapitola 2.2.1. – Jádrové vývrty).

Vyhodnocení betonu stropní konstrukce

Tab. 24 – Pevnost betonu stropní konstrukce Objektu „B“ dle ČSN EN 13791

Část stropní konstrukce	Kritérium průměr $f_{m(n),is}$ [MPa]	Kritérium minimum $f_{m(n),is}$ [MPa]	$f_{ck,is}$ [MPa]
Desky	13,1 - 6	9,6 + 4	7,1
Průvlaky	16,7 - 7	11,3 + 4	9,7
Trámy	21,7 - 7	16,7 + 4	14,7

Pevnostní třídy jednotlivých částí konstrukcí byly za využití podmínky $f_{ck,is} = 0,85 f_{ck}$, kterou norma ČSN EN 13791 umožňuje, stanoveny následovně:

Tab. 25 – Zatřídění betonu stropní konstrukce Objektu „B“ dle ČSN EN 206 + A1

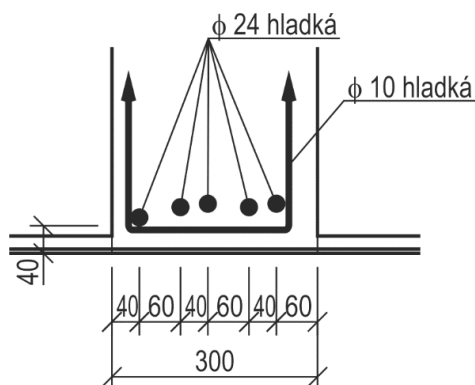
Část stropní konstrukce	Podmínka	Pevnostní třída dle ČSN EN 206 + A1
Desky	$f_{ck,is} = 7,1 \text{ MPa} \geq 6,4 \text{ MPa}$	(C -/7,5)
Průvlaky	$f_{ck,is} = 9,7 \text{ MPa} \geq 8,5 \text{ MPa}$	C 8/10
Trámy	$f_{ck,is} = 14,2 \text{ MPa} \geq 12,8 \text{ MPa}$	C 12/15

Beton desek a průvlaků stropní konstrukce dle normy ČSN EN 1992-1-1 **nesplňuje** požadavky pro beton do nosných železobetonových konstrukcí, minimální požadovaná pevnostní třída je C 12/15. Tuto podmínku splňuje beton stropních trámů, jehož pevnostní třída byla určena jako C 12/15.

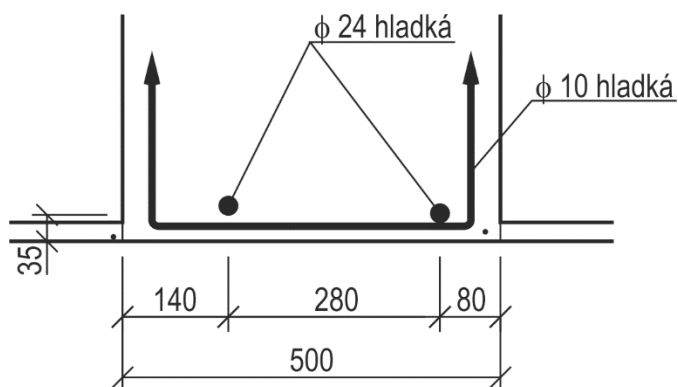
4.2.4. Stanovení vyztužení stropní konstrukce

P	
Místo odběru	Průvlak rámu K v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 15, kde je užito značení P_K pro sondu u kraje průvlaku a P_S pro sondu uprostřed rozpětí).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže, vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory.
Použité metody	- Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.

Schematické výkresy

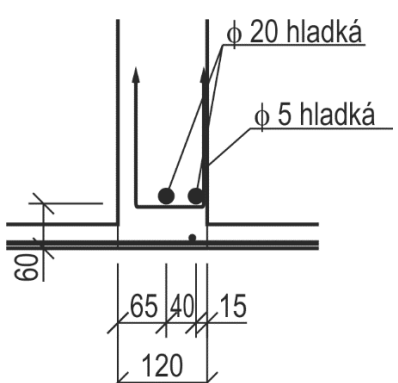
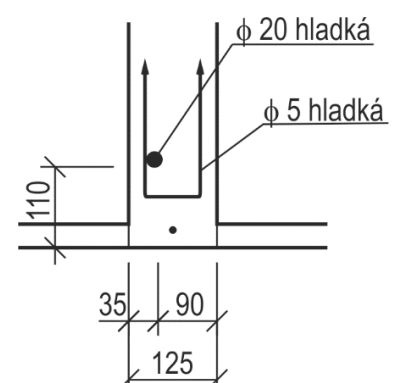
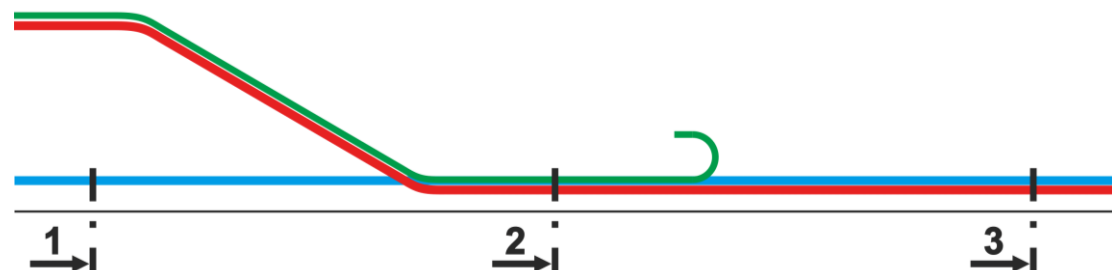


Obr. 73 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy P uprostřed rozpětí



Obr. 74 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy P u podpory

Výsledky stanovení vyztužení	
Uprostřed rozpětí	U podpory
<p>5x Ø 24 mm, krytí 40–60 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø 10 mm á 320 mm, krytí 30 mm</p> <p>Typ výztuže: hladká</p> <p>Podhled: Železobetonová deska tloušťky 20–30 mm + omítka cca 30 mm</p>	<p>2x Ø 24 mm, krytí 25–35 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø 10 mm á 250 mm, krytí 30 mm</p> <p>Typ výztuže: hladká</p> <p>Podhled: Železobetonová deska tloušťky 20–30 mm + omítka cca 50 mm</p>

T	
Místo odběru	Trám mezi rámem J–K v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 15, kde je užito značení T_K pro sondu u kraje trámu a T_S pro sondu uprostřed rozpětí).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže, vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory.
Použité metody	- Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.
Schematické výkresy	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Obr. 75 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy T uprostřed rozpětí</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Obr. 76 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy T u podpory</p> </div> </div>	
 <p>Obr. 77 – Předpokládaný průběh vyztužení trámu</p> <p>Předpokládaný průběh vyztužení trámu byl vytvořen na základě stanovení vyztužení uprostřed rozpětí, u podpory a sondy cca 150 mm od kraje trámu. Výztuže značené červeně a modře jsou $\varnothing 20$ mm, výztuž značená zeleně (ukončená hákem) je $\varnothing 16$ mm. Všechny zjištěné výztuže jsou hladké.</p>	

Výsledky stanovení vyztužení	
Uprostřed rozpětí	U podpory
<p>2x Ø 20 mm, krytí 60 mm (v řezu 2 navíc 1x Ø 16 mm, krytí 65 mm, ukončená hákem 1600 mm od kraje)</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø 5 mm á 250 mm, krytí 30 mm</p> <p>Typ vyztuže: hladká</p> <p>Podhled: Železobetonová deska tloušťky 20–30 mm + omítka cca 15 mm</p>	<p>1x Ø 20 mm, krytí 110 mm</p> <p>Třmínky: dvojstřížné Ø 5 mm á 200 mm, krytí 30 mm</p> <p>Typ vyztuže: hladká</p> <p>Podhled: Železobetonová deska tloušťky 20–30 mm + omítka cca 15 mm</p>

D	
Místo odběru	Deska mezi rámem J–I v poli 1–2 (poloha vyznačena na obr. 15).
Typ sondy	Stanovení polohy vyztuže.
Použité metody	- Georadar Hilti PS1000 - Sekaná sonda
Postup	Poloha vyztuže byla stanovena z horního povrchu desky radarem PS1000, typ a průměr vyztuže následně ověřeny v místě dřívějšího sekundárně vytvořeného prostupu pro výrobní technologie.
Výsledky stanovení vyztužení	
<p>Hlavní vyztuž: Ø 6,2 mm á 210 mm, krytí cca 10 mm</p> <p>Rozdělovací vyztuž: Ø 4,2 mm á 300 mm, krytí cca 16 mm</p> <p>Typ vyztuže: hladká</p> <p>Tloušťka desky je v místě sondy 70 mm.</p>	

4.2.5. Hloubka karbonatace betonu

Karbonatace byla zjištěna ve všech zkoumaných prvcích do hloubky max. 5 mm.

5. POSOUZENÍ ZKOUMANÝCH OBJEKTŮ

5.1. POSOUZENÍ OBJEKTU „A“

Průzkum Objektu „A“ byl proveden za účelem ověření materiálových charakteristik betonu konstrukce a ověření dodržení vyztužení dle projektové dokumentace, která byla z velké části k dispozici.

Zjištěná pevnost betonu v tlaku zkoumaných částí konstrukce je uvedena v tab. 26. Beton stropní konstrukce nad 1. NP i 2. NP nesplňuje minimální pevnostní třídu C 12/15 jako požadavek pro konstrukční beton dle normy ČSN EN 1992-1-1.

Tab. 26 – Pevnostní třídy betonu zkoumaných částí konstrukce Objektu "A"

Část konstrukce	Pevnostní třída betonu
Stropní konstrukce 1. NP	C 8/10
Stropní konstrukce 2. NP	C 8/10
Sloupy v 1. NP a 2. NP	C 12/15

Zjištěné vyztužení bylo prakticky u všech zkoumaných částí konstrukce shodné s dochovanou dokumentací. Odhaleny byly pouze malé odchylky vzdálenostech třmínků a výztuže v desce.

Dle normy ČSN ISO 13822 lze považovat Objekt „A“ za bezpečný pro všechna zatížení kromě mimořádných (včetně seismických) a provozuschopný pro budoucí použití na základě dřívější uspokojivé způsobilosti vzhledem k tomu, že:

- nebyly odhaleny známky významného poškození, přetížení, degradace nebo přetvoření;
- zjištěné vyztužení konstrukce se prakticky shodovalo s dochovanou dokumentací;
- na další plánovanou životnost konstrukce nenastanou změny, které by mohly významně zvýšit zatížení působící na konstrukci nebo ovlivnit její trvanlivost, a žádné takové změny nejsou očekávány.

5.2. POSOUZENÍ OBJEKTU „B“

Průzkum Objektu „B“ byl proveden za účelem ověření materiálových charakteristik betonu a stanovení vyztužení stropní konstrukce nad 2. NP v místě plánovaného přetížení.

Zjištěná pevnost betonu v tlaku zkoumaných prvků stropní konstrukce je uvedena v tab. 27. Minimální pevnostní třídu pro konstrukční beton dle normy ČSN EN 1992-1-1 splňuje pouze beton trámů.

Tab. 27 – Pevnostní třídy betonu částí stropní konstrukce Objektu "B"

Část stropní konstrukce	Pevnostní třída betonu
Desky	(C -/7,5)
Průvlaky	C 8/10
Trámy	C 12/15

Vyztužení bylo zjištěno v desce, trámu a průvlaku stropní konstrukce nad 2. NP a bude využito ke statickému posouzení stropní konstrukce v místě osazení nového zařízení.

5.2.1. Vstupní údaje pro statický posudek vybraných prvků stropní konstrukce

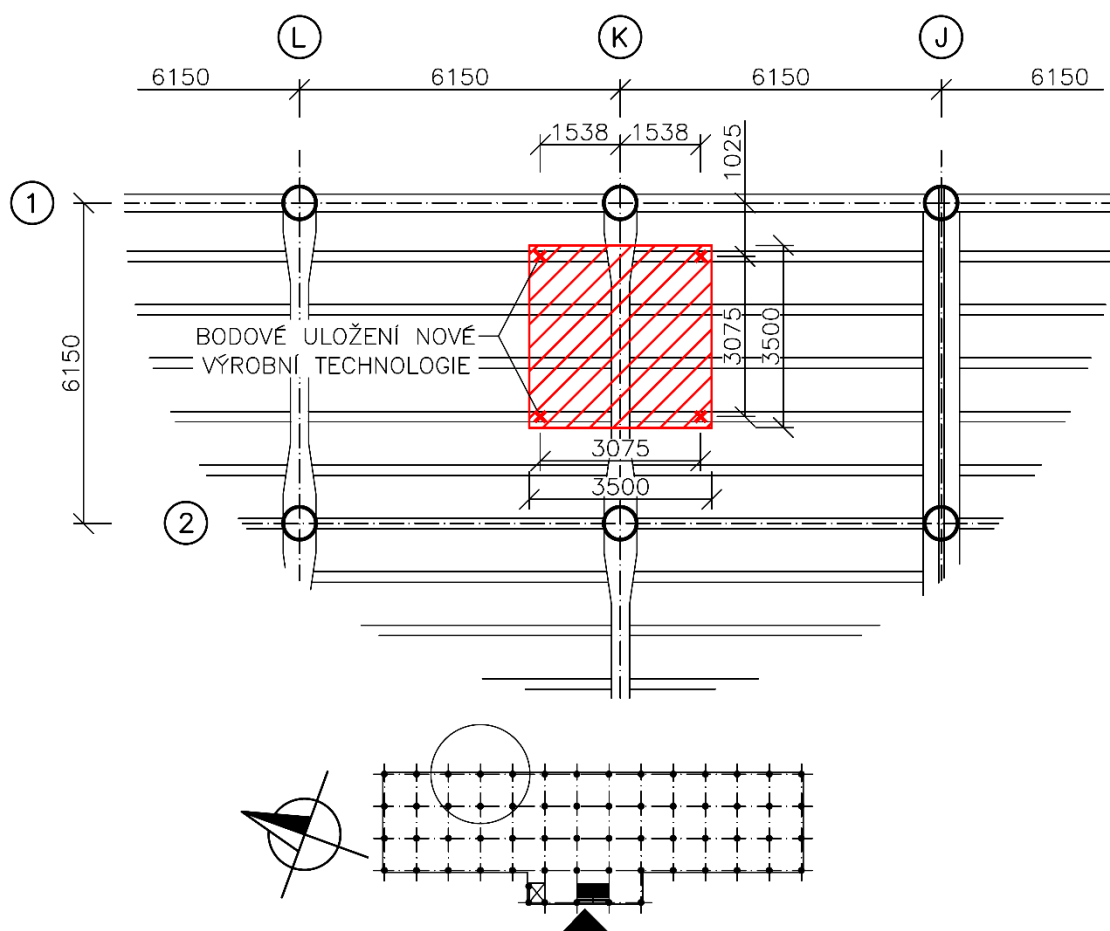
Statické posouzení stropní konstrukce nad 2. NP bylo provedeno na základě umístění nového zařízení ve 3. NP. Vzhledem k bodovému uložení tohoto stroje, které je umístěno na trámech (Obr. 78), byl posouzen **pouze trám a průvlak**.

U jádrových vývrtů provedených na trámech a průvlacích byla patrná pracovní spára v hloubce odpovídající tloušťce stropní desky. Lze tedy předpokládat, že stropní deska byla vybetonována až po vytvoření trámů a průvlaků a její spolupůsobení s těmito prvky není optimální. Při výpočtu jsou tudíž trámy a průvlaky uvažovány jako samostatně působící prvky.

Materiálové charakteristiky

Při stavebně technickém průzkumu byla stanovena pevnostní třída betonu průvlaků C 8/15 a trámů C 12/15. Dále byl na základě dynamického modulu pružnosti E_{cu} odhadnut statický modul pružnosti betonu E_c , který dosahoval průměrné hodnoty u průvlaků 15,4 GPa a u trámů 17,6 GPa. Na základě provedeného průzkumu bylo stanoveno také vyztužení.

Výztuž byla určena jako hladká a za použití normy ČSN 73 0038 byla dále uvažována jako výztuž 10 372 (označení B) s hodnotou meze kluzu 230 MPa a modulu pružnosti 200 GPa.



Obr. 78 – Umístění nové technologie ve 3. NP Objektu „B“

Zatížení

Na posuzované stropní trámy bude působit kromě vlastní tíhy také tíha desky a podlahy, plošné užité zatížení (Tab. 28) a osamělé síly v místě uložení nově osazené výrobní technologie reprezentující její tíhu (dle investora je hmotnost stroje 4000 kg).

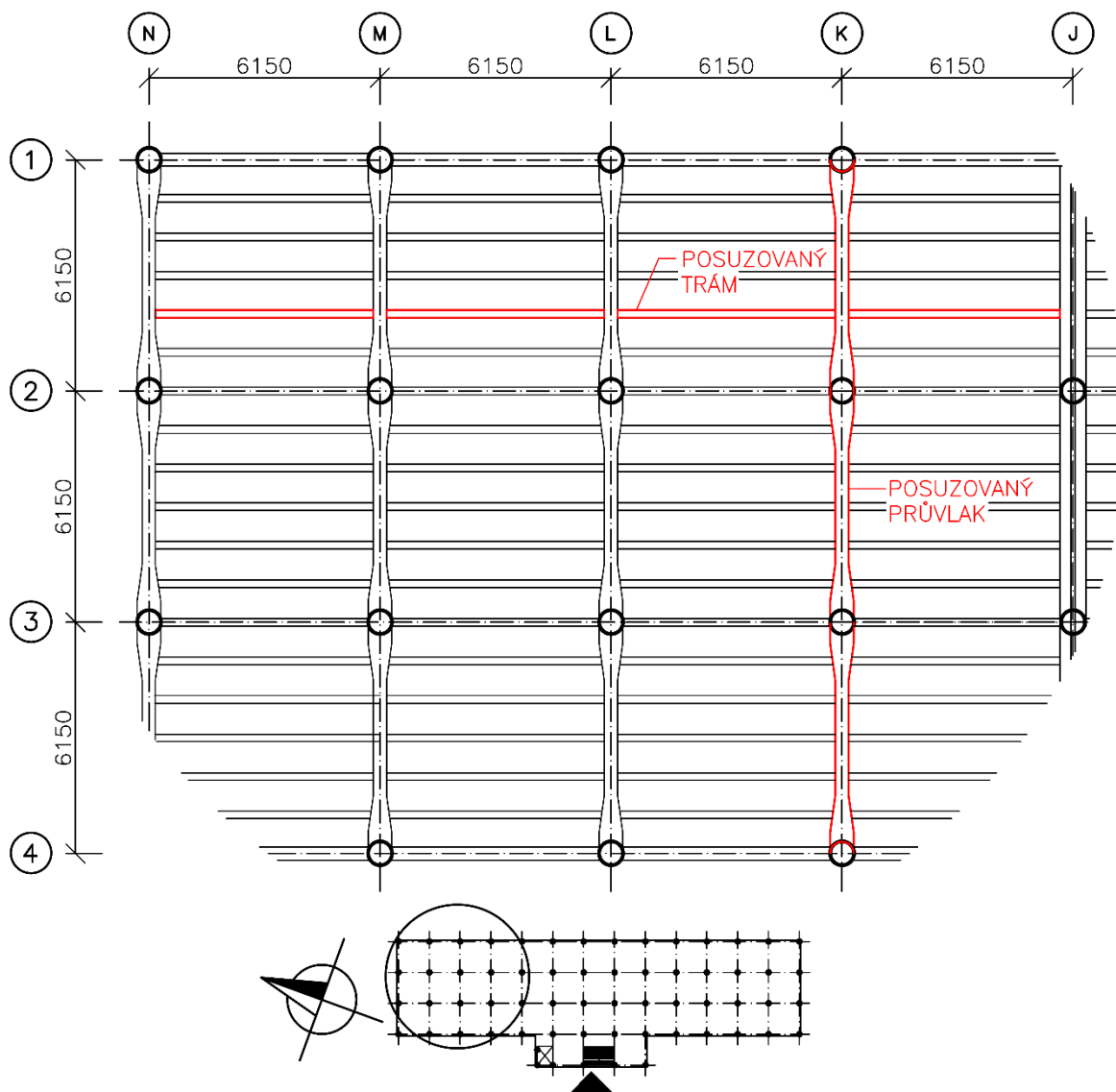
Průvlaky byly posouzeny na zatížení vlastní tíhou, plošným užitným zatížením a zatížením od stropních trámů (zahrnuje vlastní tíhu stropních trámů, vlastní tíhu stropní desky a podlahy a zatížení osazením nové výrobní technologie).

Tab. 28 – Užité zatížení pro skladovací a průmyslové plochy [17]

Kategorie	Použití	Popis	q_k [kNm ⁻²]	Q_k [kN]
E1	Plochy pro skladování	Plochy, kde může dojít k hromadění zboží, včetně přístupových ploch	7,5	7,0
E2	a průmysl	Průmyslová činnost	indiv.	indiv.

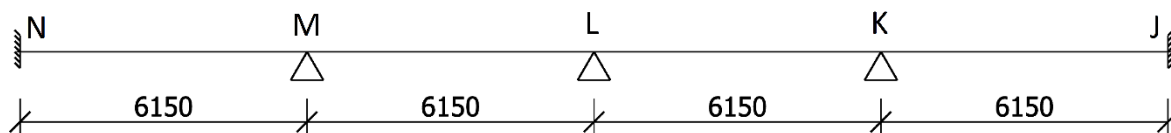
Geometrie a statické schéma

Posouzen byl průvlak rámu K a jeden z trámů dilatačního celku J–N v poli 1–2, na kterém bude osazena nová výrobní technologie (Obr. 79).

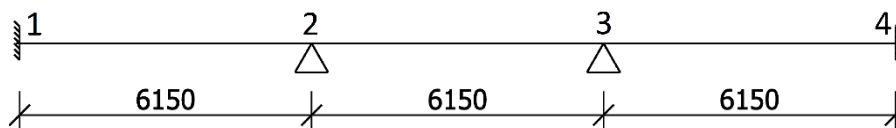


Obr. 79 – Schéma posuzovaných prvků stropní konstrukce nad 2. NP Objektu "B"

Pro výpočet se trám uvažuje jako oboustranně vetknutý spojitý nosník o čtyřech polích, kde celková délka odpovídá délce dilatačního celku J–N (Obr. 80) a průvlak jako oboustranně vetknutý spojitý nosník o třech polích (Obr. 81). Pro zjednodušení výpočtu nebyl uvažován vliv sloupů.



Obr. 80 – Statické schéma trámu



Obr. 81 – Statické schéma průvlaku

5.2.2. Statický posudek stropního trámu

1. ZATÍŽENÍ

Vlastní tíha trámu:

$$g_{k,trám} = b_{trám} \cdot h_{trám} \cdot \gamma_{žB} = 0,120 \text{ m} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 25,00 \text{ kNm}^{-3} = 1,50 \text{ kNm}^{-1}$$

Tíha desky a podlahy:

$$g_{k,deska} = (t_{deska} + t_{podlaha}) \cdot b_{zat} \cdot \gamma_{žB} = (0,070 \text{ m} + 0,025 \text{ m}) \cdot 1,025 \text{ m} \cdot 25,00 \text{ kNm}^{-3} = 2,43 \text{ kNm}^{-1}$$

Plošné užité zatížení působící na trám standardní ($q_{k,trám,1}$) a v místě osazení stroje ($q_{k,trám,2}$):

$$q_{k,trám,1} = q_k \cdot b_{zat} = 7,50 \text{ kNm}^{-2} \cdot 1,025 \text{ m} = 7,69 \text{ kNm}^{-1}$$

$$q_{k,trám,2} = q_k \cdot b_{zat,stroj} = 7,50 \text{ kNm}^{-2} \cdot 0,300 \text{ m} = 2,25 \text{ kNm}^{-1}$$

Tíha stroje:

$$Q_k = \frac{t_{stroj}}{4} \cdot g = \frac{4000 \text{ kg}}{4} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} = 9,81 \text{ kN}$$

2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton: **C 12/15**

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{12 \text{ MPa}}{1,5} = 8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 0,3 \cdot 12^{(2/3)} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$E_c = 17,6 \text{ GPa}$$

Výztuž: **B (10 372)**

$$f_{yk} = 230 \text{ MPa}$$

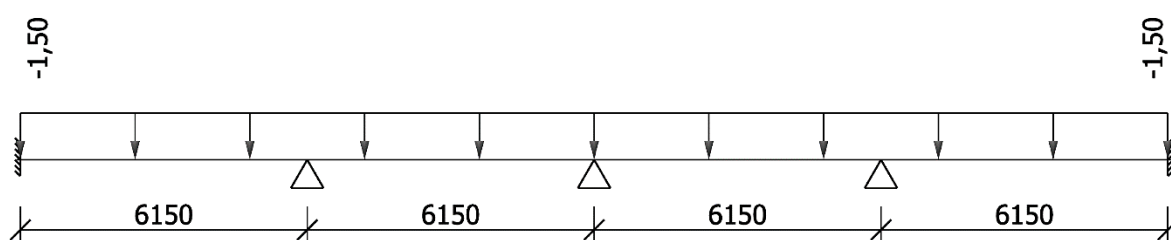
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{230 \text{ MPa}}{1,15} = 200 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

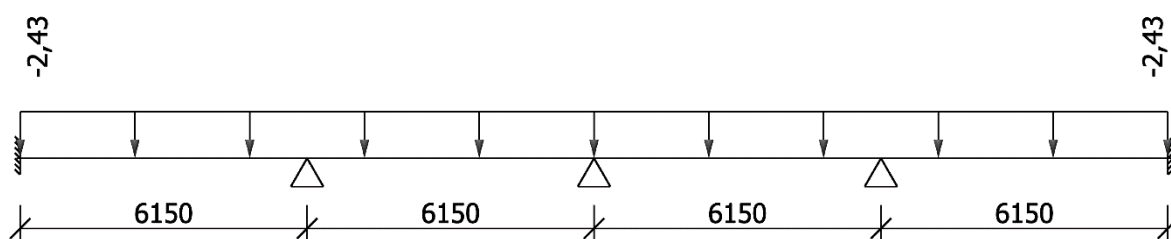
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{200 \text{ MPa}}{200 \cdot 10^3 \text{ MPa}} = 1,00 \text{ ‰}$$

3. ZATĚŽOVACÍ STAVY

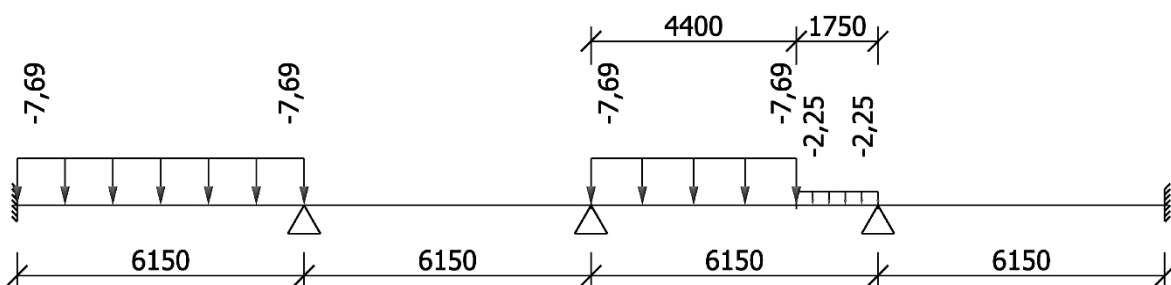
Plošné užité zatížení bylo umístěno pomocí metody příčinkových čar, která byla pro účely této diplomové práce zvolena jako nejvhodnější. Této metody bylo využito za účelem vytvoření maximálního kladného ohybového momentu v poli K–L a maximální posouvající síly u rámu K. Dále bylo uvažováno, že plošné užité zatížení nepůsobí v místě osazení stroje. Jednotlivé zatěžovací stavy jsou schematicky zobrazeny na obr. 82 až obr. 86.



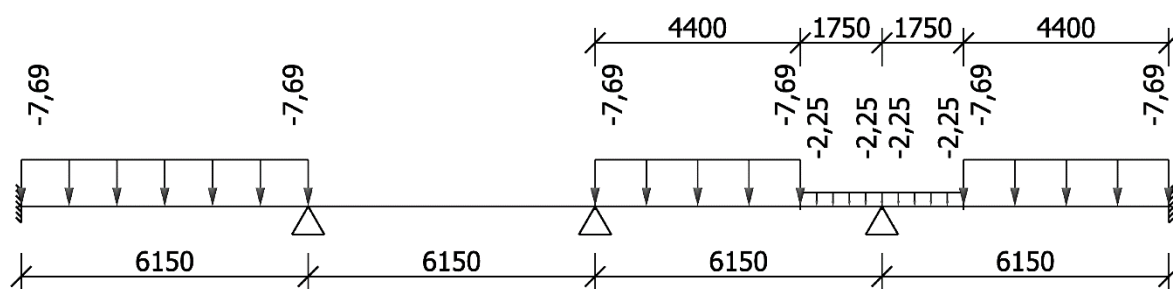
Obr. 82 – ZS 1 – Vlastní tíha



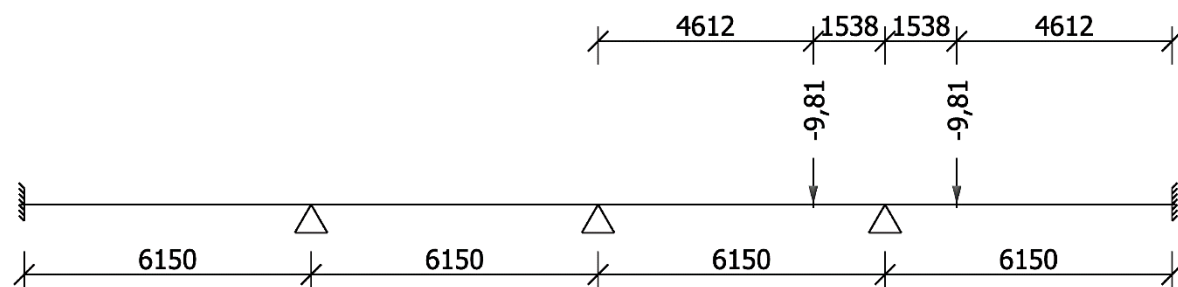
Obr. 83 – ZS 2 – Tíha desky a podlahy



Obr. 84 – ZS 3 – Proměnné zatížení – max M v poli K–L



Obr. 85 – ZS 4 – Proměnné zatížení – max V u průvltaku K



Obr. 86 – ZS 5 – Tíha stroje

4. KOMBINACE

Kombinace byly sestaveny za účelem vytvoření maximálního kladného ohybového momentu, maximální posouvající síly a reakce, které budou využity jako zatížení od trámů při posouzení průvltaku (Tab. 29). Kombinace pro získání reakcí byly sestaveny bez plošného užitého zatížení, které bude působit jako samostatný zatěžovací stav při posuzování průvltaku. Reakce získaná z kombinace CO3 reprezentuje trám zatížený strojem, reakce z kombinace CO4 reprezentuje trám, na kterém stroj uložen není.

Tab. 29 – Přehled kombinací pro posouzení trámu

Zatěžovací stavy	Kombinace			
	CO1 – Max M	CO2 – Max V	CO3 – $R_{kd,STROJ}$	CO4 – R_{kd}
ZS 1	•	•	•	•
ZS 2	•	•	•	•
ZS 3	•			
ZS 4		•		
ZS 5	•	•	•	

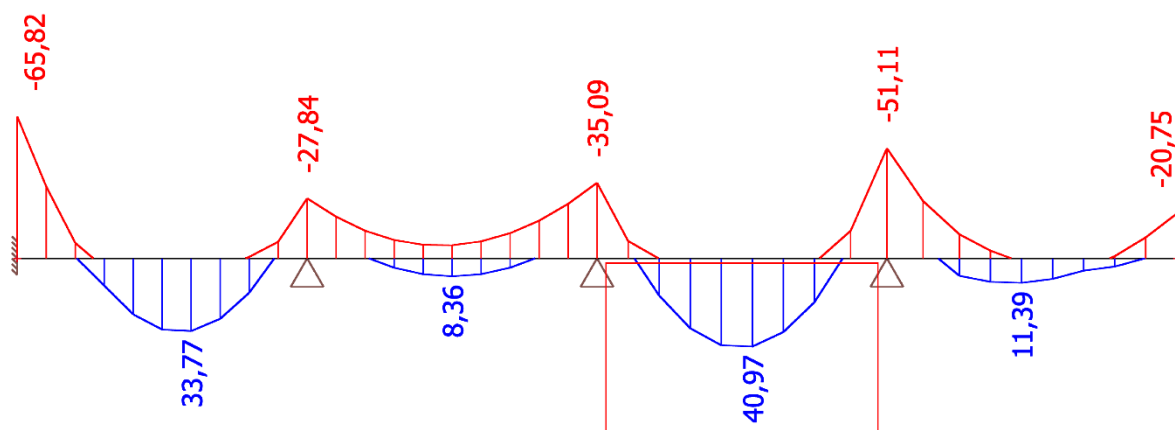
Dle normy ČSN EN 1990 byly kombinace vypočteny pomocí rovnice 6.10a a 6.10b, přičemž je uvažována méně příznivá kombinace. Výpočet kombinací byl proveden v programu SCIA Engineer, verze 17.1. [18]

$$6.10a: \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

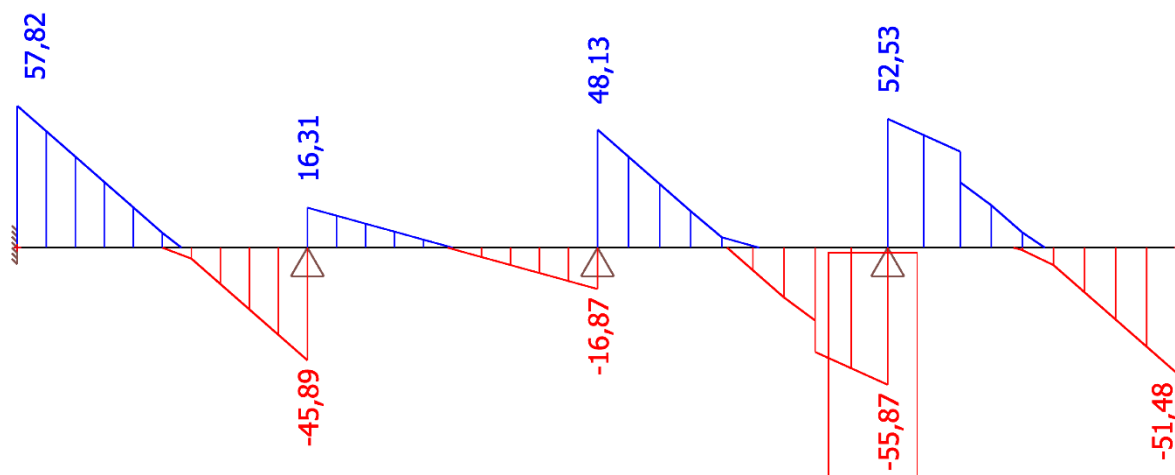
$$6.10b: \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

5. VNITŘNÍ SÍLY A REAKCE

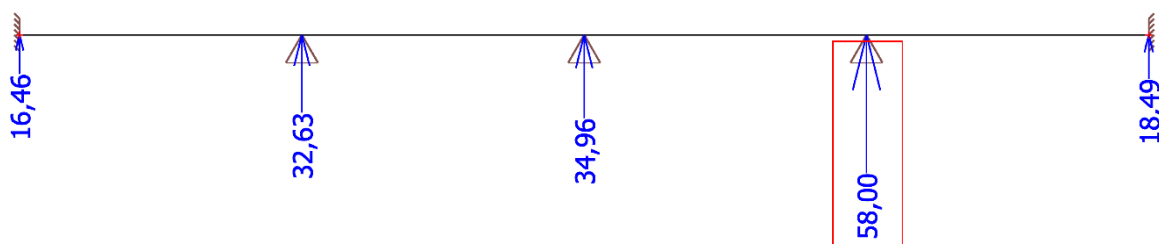
Vnitřní síly na trámu, který byl zatížen výše uvedenými kombinacemi zatěžovacích stavů CO1 a CO2, jsou zobrazeny na obr. 87 a obr. 88. Reakce v podpoře, která představuje průvlak rámu K, jsou zobrazeny na obr. 89 a obr. 90. Vnitřní síly a reakce byly vypočteny v programu SCIA Engineer, verze 17.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil a reakcí jsou uvedeny v tab. 30. Na obrázcích jsou zájmové hodnoty zobrazeny v červeném rámečku.



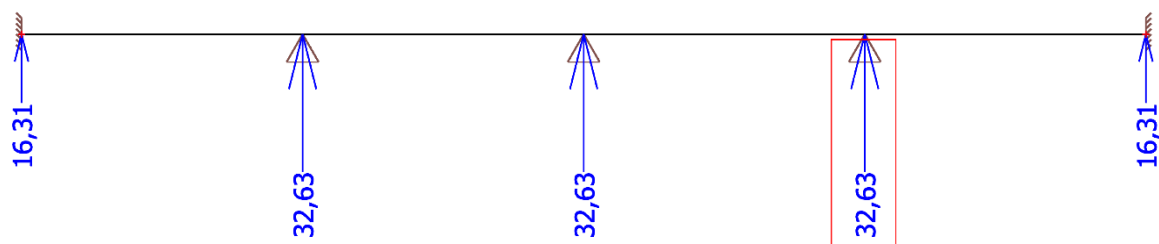
Obr. 87 – Průběh ohybového momentu na trámu pro kombinaci CO1



Obr. 88 – Průběh posouvající síly na trámu pro kombinaci CO2



Obr. 89 – Reakce v podporách trámu pro kombinaci CO3



Obr. 90 – Reakce v podporách trámu pro kombinaci CO4

Tab. 30 – Návrhové hodnoty vnitřních sil a reakcí

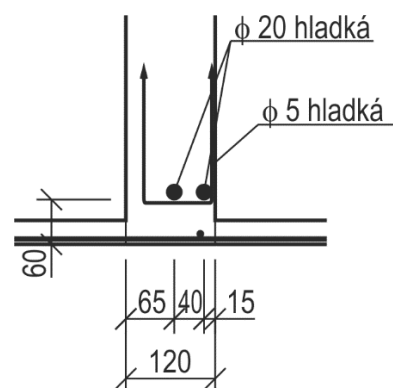
Veličina	Kombinace	Hodnota
M_{Ed}	CO1	40,97 kNm
V_{Ed}	CO2	55,87 kN
$R_{Kd, stroj}$	CO3	58,00 kN
R_{Kd}	CO4	32,63 kN

6. MSÚ – OHYB

Při stavebně technickém průzkumu bylo zjištěno následující vyztužení trámu v poli při spodním líci:

Hlavní výztuž: 2x Ø B 20 mm,
krytí 60 mm

Třmínky: dvojstřížné Ø B 5 mm á 250 mm,
krytí 30 mm



Obr. 91 – Vyztužení trámu v poli

Účinná výška průřezu:

$$d = h_t - \left(c + \frac{d_s}{2} \right) = 0,500 \text{ m} - \left(0,060 \text{ m} + \frac{0,020 \text{ m}}{2} \right) = 0,430 \text{ m}$$

Kontrola míry vyztužení:

$$A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,020 \text{ m})^2}{4} \cdot 2 = 6,283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0,26 \cdot \frac{1,6 \text{ MPa}}{230 \text{ MPa}} \cdot 0,120 \text{ m} \cdot 0,430 \text{ m} = 9,333 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$> 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 0,120 \text{ m} \cdot 0,430 \text{ m} = 6,708 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b_t \cdot d = 0,04 \cdot 0,120 \text{ m} \cdot 0,430 \text{ m} = 2,064 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_s = 6,283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \geq A_{s,min} = 0,933 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_s = 6,283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \leq A_{s,max} = 20,640 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Poloha neutrální osy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_s \cdot F_{yd} = \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b_t \rightarrow x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b_t \cdot f_{cd}} = \frac{6,283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ MPa}}{0,8 \cdot 0,120 \text{ m} \cdot 8 \text{ MPa}} = 0,164 \text{ m}$$

Poloha těžiště výztuže:

$$d_1 = c + \frac{d_s}{2} = 0,060 \text{ m} + \frac{0,020 \text{ m}}{2} = 0,070 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd}$$

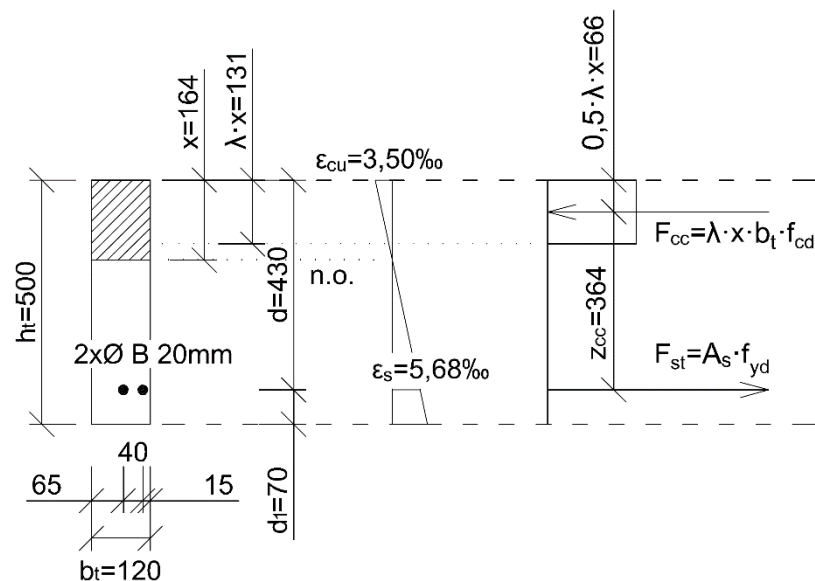
$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,50 \text{ ‰}}{0,164 \text{ m}} \cdot (0,430 \text{ m} - 0,164 \text{ m}) = 5,68 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 5,68 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 1,00 \text{ ‰} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z_{cc} = d - \frac{x}{2} \cdot \lambda = 0,430 \text{ m} - \frac{0,164 \text{ m}}{2} \cdot 0,8 = 0,364 \text{ m}$$

Schéma působení trámu při mezním stavu únosnosti:



Obr. 92 – Schéma působení trámu při MSÚ

Kontrola únosnosti průřezu:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_{cc} = 6,283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ MPa} \cdot 0,364 \text{ m} = 45,74 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 40,97 \text{ kNm}$$

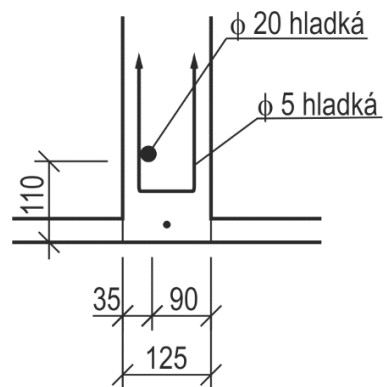
$$M_{Rd} = 45,74 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 40,97 \text{ kNm} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

7. MSÚ – SMYK

Při stavebně technickém průzkumu bylo zjištěno následující vyztužení trámu u podpory při spodním líci:

Hlavní výztuž: 1x Ø B 20 mm,
krytí 110 mm

Třmínky: dvojstrážné Ø B 5 mm á 200 mm,
krytí 30 mm



Obr. 93 – Vyztužení trámu u podpory

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku:

$$V_{Rd,c} = c_{Rd,c} \cdot k_V \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_V = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{430}} = 1,682 < 2,00 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0,125 \text{ m} \cdot 0,380 \text{ m}} = 0,0066 \text{ m} < 0,02 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{sl} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,020 \text{ m})^2}{4} \cdot 1 = 3,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = h_t - \left(c + \frac{d_s}{2}\right) = 0,500 \text{ m} - \left(0,110 \text{ m} + \frac{0,020 \text{ m}}{2}\right) = 0,380 \text{ m}$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,682 \cdot (100 \cdot 0,0066 \cdot 12 \text{ MPa})^{1/3} \cdot 0,120 \text{ m} \cdot 0,380 \text{ m} = \mathbf{18,35 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k_V^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,682^{3/2} \cdot (12 \text{ MPa})^{1/2} = 0,264 \text{ MPa}$$

$$V_{Rc,c,min} = 0,264 \text{ MPa} \cdot 0,120 \text{ m} \cdot 0,380 \text{ m} = 12,04 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 18,35 \text{ kN} \geq V_{Rc,c,min} = 12,04 \text{ kN} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$V_{Ed} = 55,87 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c} = 18,35 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 55,87 \text{ kN}$

 ✖ NEVYHOVUJE

Je nutné do smykové únosnosti započítat únosnost třmíneků.

8. MSÚ – SMYK PŘI ZAPOČÍTÁNÍ ÚNOSNOSTI TŘMÍNKŮ

$$A_{sw} = \frac{\pi \cdot d_{sw}^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,005 \text{ m})^2}{4} \cdot 2 = 3,927 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 200 \text{ MPa}$$

Konstrukční zásady:

Osová vzdálenost třmíneků

$$s = 0,200 \text{ m} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,380 \text{ m} = 0,285 \text{ m} \leq 0,400 \text{ m} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Osová vzdálenost větví třmínků

$$s_t = b_w - 2 \cdot c - d_{sw} = 0,125 \text{ m} - 2 \cdot 0,025 \text{ m} - 0,005 \text{ m} = 0,07 \text{ m}$$

$$s_t = 0,070 \text{ m} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,380 \text{ m} = 0,285 \text{ m} \leq 0,600 \text{ m} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Stupeň vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} = \frac{3,927 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}{0,125 \text{ m} \cdot 0,200 \text{ m}} = 0,0016$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{12 \text{ MPa}}}{230 \text{ MPa}} = 0,0012$$

$$\rho_w = 0,0016 \geq \rho_{w,min} = 0,0012 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při započítání únosnosti třmínků:

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$\theta = 21,8^\circ$$

$$v_L = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{12 \text{ MPa}}{250}\right) = 0,571$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,380 \text{ m} = 0,342 \text{ m}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_L \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = \frac{1,0 \cdot 0,125 \text{ m} \cdot 0,342 \text{ m} \cdot 0,571 \cdot 8 \text{ MPa}}{\cot(21,8^\circ) + \tan(21,8^\circ)} = 67,33 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} &= \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) = \\ &= \frac{3,927 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}{0,200 \text{ m}} \cdot 0,342 \text{ m} \cdot 200 \text{ MPa} \cdot \cot(21,8^\circ) = 33,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}) = \min(67,33 \text{ kN}; 33,58 \text{ kN}) = \mathbf{33,58 \text{ kN}}$$

$V_{Rd} = 33,58 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 55,87 \text{ kN}$

✗ NEVYHOVUJE

9. ZÁVĚR KE STATICKÉMU POSUDKU STROPNÍHO TRÁMU

Stropní trám byl posouzen pro mezní stav únosnosti a v ohybu vyhověl s využitím průřezu na 90 %. Při posouzení na smyk trám nevyhověl, podle současně platných norem byla únosnost překročena o 66 %.

5.2.3. Statický posudek stropního průvlaku

1. ZATÍŽENÍ

Vlastní tíha průvlaku:

$$g_{k,průvlak,pole} = b_{průvlak,pole} \cdot h_{průvlak} \cdot \gamma_{žB} = 0,300 \text{ m} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 25,00 \text{ kNm}^{-3} \\ = 3,75 \text{ kNm}^{-1}$$

$$g_{k,průvlak,kraj} = b_{průvlak,kraj} \cdot h_{průvlak} \cdot \gamma_{žB} = 0,500 \text{ m} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 25,00 \text{ kNm}^{-3} \\ = 6,25 \text{ kNm}^{-1}$$

Zatížení od vlastní tíhy zohledňuje rozšíření průvlaku u sloupů.

Tíha desky a podlahy:

Již započítána v zatížení od trámů.

Plošné užité zatížení působící na průvlak standartní ($q_{k,průvlak,1}$) a v místě osazení stroje ($q_{k,průvlak,2}$):

$$q_{k,průvlak,1} = q_k \cdot b_{zat} = 7,50 \text{ kNm}^{-2} \cdot 6,150 \text{ m} = 46,13 \text{ kNm}^{-1}$$

$$q_{k,průvlak,2} = q_k \cdot b_{zat,stroj} = 7,50 \text{ kNm}^{-2} \cdot 2,650 \text{ m} = 19,88 \text{ kNm}^{-1}$$

Tíha stroje:

Již započítána v zatížení od trámů.

Zatížení od trámů:

$$F_{d,trám,stroj} = 58,00 \text{ kN} \quad - \text{ zatížení od trámů, na kterých je uložen stroj}$$

$$F_{d,trám} = 32,63 \text{ kN} \quad - \text{ zatížení od trámů, na kterých není uložen stroj}$$

Zatížení od trámů je již v návrhových hodnotách!

2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton: **C 8/10**

$$f_{ck} = 8 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{8 \text{ MPa}}{1,5} = 5,33 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 0,3 \cdot 8^{(2/3)} = 1,2 \text{ MPa}$$

$$E_c = 15,4 \text{ GPa}$$

Výztuž: **B (10 372)**

$$f_{yk} = 230 \text{ MPa}$$

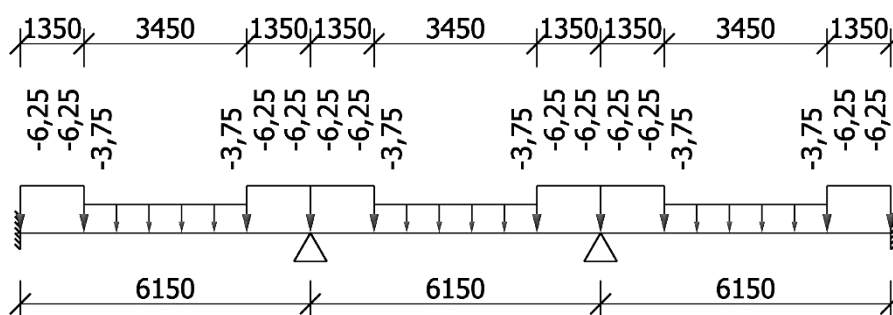
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{230 \text{ MPa}}{1,15} = 200 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

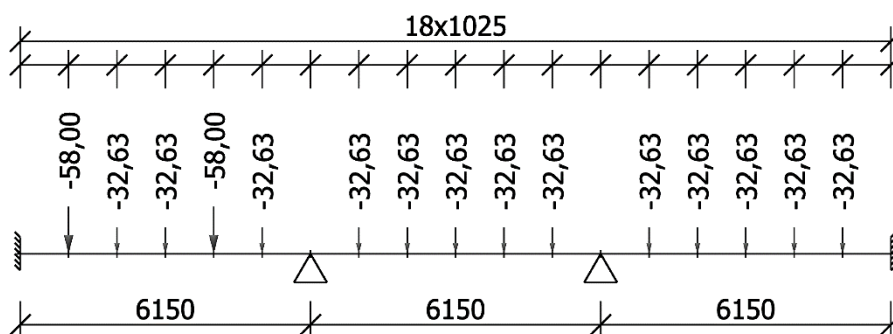
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{200 \text{ MPa}}{200 \cdot 10^3 \text{ MPa}} = 1,00 \text{ ‰}$$

3. ZATĚŽOVACÍ STAVY

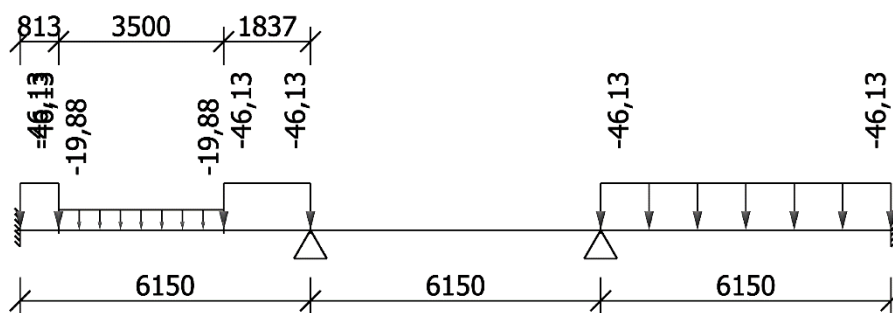
Plošné užité zatížení bylo umístěno pomocí metody příčinkových čar, která byla pro účely této diplomové práce zvolena jako nejvhodnější. Této metody bylo využito za účelem vytvoření maximálního kladného ohybového momentu v poli 1–2 a maximální posouvající síly u rámu 2. Dále bylo uvažováno, že plošné užité zatížení nepůsobí v místě osazení stroje. Jednotlivé zatěžovací stavy jsou schematicky zobrazeny na obr. 94 až obr. 97.



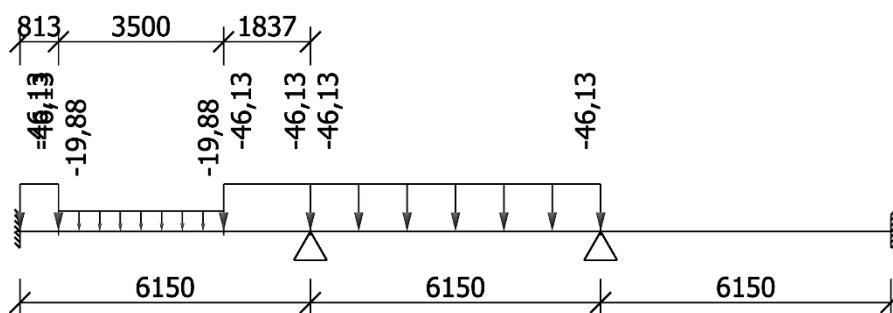
Obr. 94 – ZS 1 – Vlastní tíha



Obr. 95 – ZS 2 – Zatížení od trámů



Obr. 96 – ZS 3 – Proměnné zatížení – max M v poli 1–2



Obr. 97 – ZS 4 – Proměnné zatížení – max V u rámu 2

4. KOMBINACE

Kombinace byly sestaveny za účelem vytvoření maximálního kladného ohybového momentu a maximální posouvající síly (Tab. 31).

Tab. 31 – Přehled kombinací pro posouzení průvlaku

Zatěžovací stavy	Kombinace	
	CO1 – Max M	CO2 – Max V
ZS 1	•	•
ZS 2	•	•
ZS 3	•	
ZS 4		•

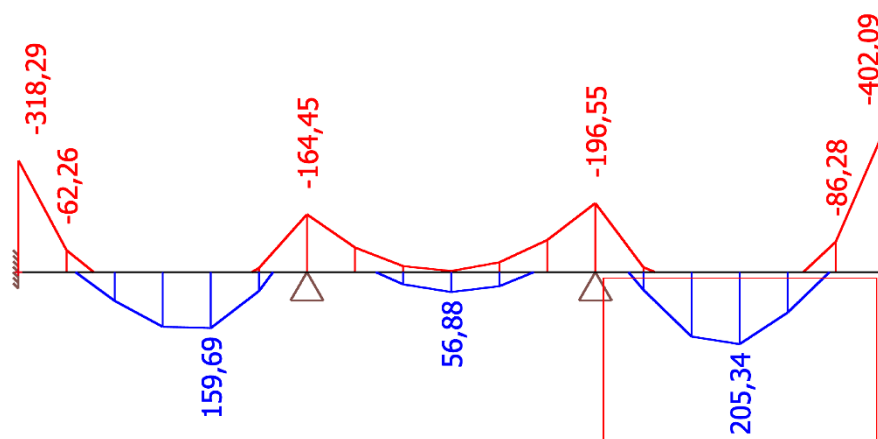
Dle normy ČSN EN 1990 byly kombinace vypočteny pomocí rovnice 6.10a a 6.10b, přičemž je uvažována méně příznivá kombinace. Výpočet kombinací byl proveden v programu SCIA Engineer, verze 17.1. [18]

$$6.10a: \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

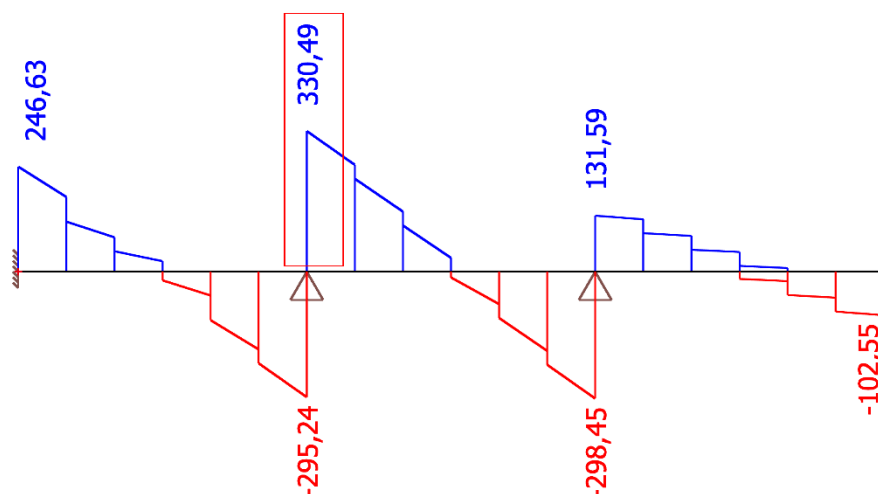
$$6.10b: \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

5. VNITŘNÍ SÍLY

Vnitřní síly na průvlaku, který byl zatížen výše uvedenými kombinacemi zatěžovacích stavů CO1 a CO2, jsou zobrazeny na obr. 98 a obr. 99. Vnitřní síly byly vypočteny v programu SCIA Engineer, verze 17.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil jsou uvedeny v tab.32. Na obrázcích jsou zájmové hodnoty zobrazeny v červeném rámečku.



Obr. 98 – Průběh ohybového momentu na průvlaku pro kombinaci CO1



Obr. 99 – Průběh posouvající síly na průvlaku pro kombinaci CO2

Na obr. 98 je patrné, že umístění stroje v poli 1–2 způsobuje v tomto poli menší ohybový moment, než v poli 3–4. Důvodem je větší vliv plošného užitého zatížení. Z tohoto důvodu bude průvlak posouzen v poli 3–4.

Tab. 32 – Návrhové hodnoty vnitřních sil

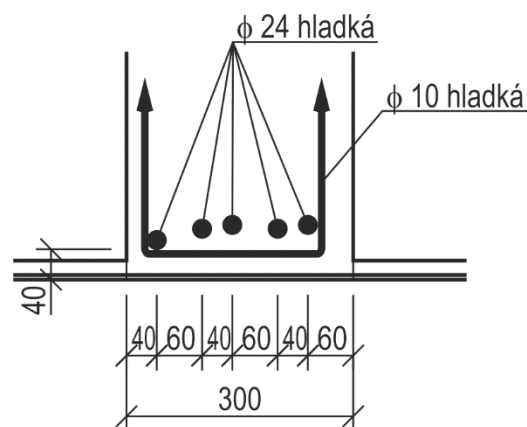
Veličina	Kombinace	Hodnota
M_{Ed}	CO1	205,34 kNm
V_{Ed}	CO2	330,49 kN

6. MSÚ – OHYB

Při stavebně technickém průzkumu bylo zjištěno následující vyztužení průvlaku v poli při spodním líci:

Hlavní výztuž: 5x Ø B 24 mm,
krytí 40–60 mm

Třmínky: dvojstřížné Ø B 10 mm á 320 mm,
krytí 30 mm



Obr. 100 – Vyztužení průvlaku v poli

Účinná výška průřezu:

$$d = h_p - \left(c + \frac{d_s}{2} \right) = 0,500 \text{ m} - \left(0,050 \text{ m} + \frac{0,024 \text{ m}}{2} \right) = 0,438 \text{ m}$$

Kontrola míry vyztužení:

$$A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,024 \text{ m})^2}{4} \cdot 5 = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_p \cdot d = 0,26 \cdot \frac{1,2 \text{ MPa}}{230 \text{ MPa}} \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 0,438 \text{ m} = 1,782 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$> 0,0013 \cdot b_p \cdot d = 0,0013 \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 0,438 \text{ m} = 1,708 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b_p \cdot d = 0,04 \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 0,438 \text{ m} = 5,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_s = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \geq A_{s,min} = 0,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_s = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \leq A_{s,max} = 5,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Poloha neutrální osy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_s \cdot F_{yd} = \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b_p \rightarrow x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b_p \cdot f_{cd}} = \frac{2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ MPa}}{0,8 \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 5,33 \text{ MPa}} = 0,354 \text{ m}$$

Poloha těžiště výztuže:

$$d_1 = c + \frac{d_s}{2} = 0,050 \text{ m} + \frac{0,024 \text{ m}}{2} = 0,062 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,50 \text{ ‰}}{0,354 \text{ m}} \cdot (0,438 \text{ m} - 0,354 \text{ m}) = 0,83 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 0,83 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 1,00 \text{ ‰} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$$

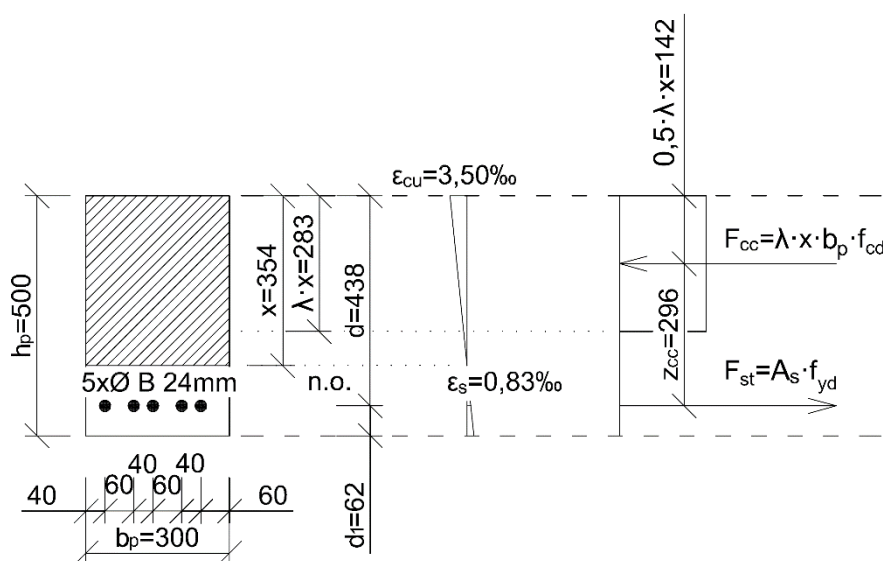
Při nedostatečném přetvoření není možné uvažovat výpočtovou pevnost oceli jako mez kluzu. Je nutné stanovit pevnost oceli odpovídající přetvoření.

Výpočet pevnosti oceli na základě přetvoření:

$$f_{sd} = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{yd}} \cdot f_{yd} = \frac{0,83 \text{ ‰}}{1,00 \text{ ‰}} \cdot 200 \text{ MPa} = 166 \text{ MPa}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z_{cc} = d - \frac{x}{2} \cdot \lambda = 0,438 \text{ m} - \frac{0,354 \text{ m}}{2} \cdot 0,8 = 0,296 \text{ m}$$

Schéma působení trámu při mezním stavu únosnosti:

Obr. 101 – Schéma působení průvlaku při MSÚ

Kontrola únosnosti průřezu:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{sd} \cdot z_{cc} = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 166 \text{ MPa} \cdot 0,296 \text{ m} = \mathbf{111,15 \text{ kNm}}$$

$$M_{Ed} = 205,34 \text{ kNm}$$

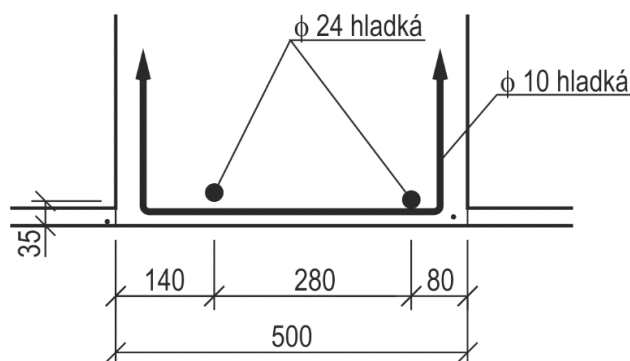
$$\mathbf{M_{Rd} = 111,15 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 205,34 \text{ kNm} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}}$$

7. MSÚ – SMYK

Při stavebně technickém průzkumu bylo zjištěno následující vyztužení průvlaku u podpory při spodním líci:

Hlavní výztuž: 2x Ø B 24 mm,
krytí 25–35 mm

Třmínky: dvojstřížné Ø B 10 mm
á 250 mm,
krytí 15 mm



Obr. 102 – Vyztužení průvlaku u podpory

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku:

$$V_{Rd,c} = c_{Rd,c} \cdot k_V \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_V = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{458}} = 1,661 < 2,00 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{1,810 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{0,500 \text{ m} \cdot 0,458 \text{ m}} = 0,0079 \text{ m} < 0,02 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{sl} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,024 \text{ m})^2}{4} \cdot 2 = 1,810 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = h_t - \left(c + \frac{d_s}{2}\right) = 0,500 \text{ m} - \left(0,030 \text{ m} + \frac{0,024 \text{ m}}{2}\right) = 0,458 \text{ m}$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,661 \cdot (100 \cdot 0,0079 \cdot 8 \text{ MPa})^{1/3} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 0,458 \text{ m} = \mathbf{84,39 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k_V^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,661^{3/2} \cdot (8 \text{ MPa})^{1/2} = 0,212 \text{ MPa}$$

$$V_{Rc,c,min} = 0,212 \text{ MPa} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 0,458 \text{ m} = 48,55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 84,39 \text{ kN} \geq V_{Rc,c,min} = 48,55 \text{ kN} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$V_{Ed} = 330,49 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 84,39 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 330,49 \text{ kN} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$$

Je nutné do smykové únosnosti započítat únosnost třmíneků.

8. MSÚ – SMYK PŘI ZAPOČÍTÁNÍ ÚNOSNOSTI TŘMÍNKŮ

$$A_{sw} = \frac{\pi \cdot d_{sw}^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,010 \text{ m})^2}{4} \cdot 2 = 1,571 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 200 \text{ MPa}$$

Konstrukční zásady:

Osová vzdálenost třmíneků

$$s = 0,250 \text{ m} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,458 \text{ m} = 0,344 \text{ m} \leq 0,400 \text{ m} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Osová vzdálenost větví třmíneků

$$s_t = b_w - 2 \cdot c - d_{sw} = 0,500 \text{ m} - 2 \cdot 0,015 \text{ m} - 0,010 \text{ m} = 0,46 \text{ m}$$

$$s_t = 0,460 \text{ m} \geq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,458 \text{ m} = 0,344 \text{ m} \leq 0,600 \text{ m} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$$

Stupeň vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} = \frac{1,571 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0,500 \text{ m} \cdot 0,250 \text{ m}} = 0,0013$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{8 \text{ MPa}}}{230 \text{ MPa}} = 0,0010$$

$$\rho_w = 0,0013 \geq \rho_{w,min} = 0,0010 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při započítání únosnosti třmíneků:

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$\theta = 21,8^\circ$$

$$v_L = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{8 \text{ MPa}}{250}\right) = 0,581$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,458 \text{ m} = 0,412 \text{ m}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_L \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = \frac{1,0 \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 0,412 \text{ m} \cdot 0,581 \cdot 8 \text{ MPa}}{\cot(21,8^\circ) + \tan(21,8^\circ)} = 330,15 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) =$$

$$= \frac{1,571 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0,250 \text{ m}} \cdot 0,412 \text{ m} \cdot 200 \text{ MPa} \cdot \cot(21,8^\circ) = 129,46 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}) = \min(330,15 \text{ kN}; 129,46 \text{ kN}) = \mathbf{129,46 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{V_{Rd} = 129,46 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 330,49 \text{ kN} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}}$$

9. ZÁVĚR KE STATICKÉMU POSUDKU STROPNÍHO PRŮVLAKU

Stropní průvlak byl posouzen pro mezní stav únosnosti a podle současně platných norem nevyhovuje ani v ohybu, ani ve smyku. V ohybu byla překročena únosnost o ~85 %, ve smyku o ~155 %. Průřez dále nevyhověl podmínce pro minimální osovou vzdálenost větví tržmínek.

Vzhledem k omezenému rozsahu provedeného průzkumu je možné, že pevnostní třída betonu průvlaků je vyšší, než stanovená C 8/10. Z tohoto důvodu bylo provedeno doplňující statické posouzení průvlaků na ohyb a na smyk s hypotetickou pevnostní třídou betonu C 12/15, což je minimální požadovaná pevnostní třída pro konstrukční beton dle normy ČSN EN 1992-1-1.

5.2.4. Doplňující statický posudek stropního průvlaků

1. ZMĚNA MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK BETONU

Beton: **C 12/15**

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{12 \text{ MPa}}{1,5} = 8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 0,3 \cdot 12^{(2/3)} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$E_c = 17,6 \text{ GPa}$$

2. MSÚ – OHYB

Účinná výška průřezu:

$$d = h_p - \left(c + \frac{d_s}{2} \right) = 0,500 \text{ m} - \left(0,050 \text{ m} + \frac{0,024 \text{ m}}{2} \right) = 0,438 \text{ m}$$

Kontrola míry vyztužení:

$$A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,024 \text{ m})^2}{4} \cdot 5 = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_p \cdot d = 0,26 \cdot \frac{1,6 \text{ MPa}}{230 \text{ MPa}} \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 0,438 \text{ m} = 1,809 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$> 0,0013 \cdot b_p \cdot d = 0,0013 \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 0,438 \text{ m} = 1,708 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b_p \cdot d = 0,04 \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 0,438 \text{ m} = 5,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_s = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \geq A_{s,min} = 0,181 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_s = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \leq A_{s,max} = 5,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Poloha neutrální osy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_s \cdot F_{yd} = \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b_p \rightarrow x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b_p \cdot f_{cd}} = \frac{2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ MPa}}{0,8 \cdot 0,300 \text{ m} \cdot 8 \text{ MPa}} = 0,236 \text{ m}$$

Poloha těžiště výztuže:

$$d_1 = c + \frac{d_s}{2} = 0,050 \text{ m} + \frac{0,024 \text{ m}}{2} = 0,062 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd}$$

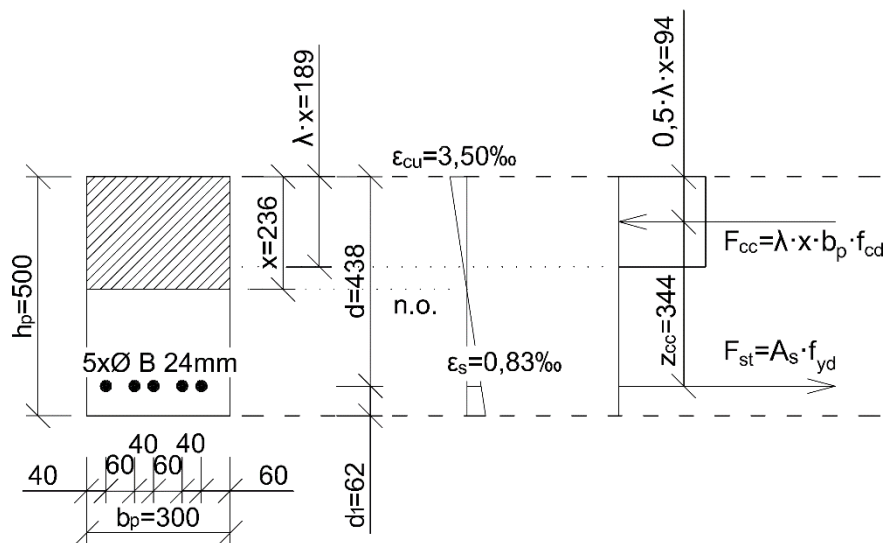
$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,50 \text{ ‰}}{0,236 \text{ m}} \cdot (0,438 \text{ m} - 0,236 \text{ m}) = 3,00 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 3,00 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 1,00 \text{ ‰} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z_{cc} = d - \frac{x}{2} \cdot \lambda = 0,438 \text{ m} - \frac{0,236 \text{ m}}{2} \cdot 0,8 = 0,344 \text{ m}$$

Schéma působení trámu při mezním stavu únosnosti:



Obr. 103 – Schéma působení průvlaku při MSÚ (uvažovaný beton C 12/15)

Kontrola únosnosti průřezu:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_{cc} = 2,262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ MPa} \cdot 0,344 \text{ m} = 155,63 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 205,34 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 155,63 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 205,34 \text{ kNm} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$$

3. MSÚ – SMYK

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku:

$$V_{Rd,c} = c_{Rd,c} \cdot k_V \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_V = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{458}} = 1,661 < 2,00 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{1,810 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{0,500 \text{ m} \cdot 0,458 \text{ m}} = 0,0079 \text{ m} < 0,02 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{sl} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,024 \text{ m})^2}{4} \cdot 2 = 1,810 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = h_t - \left(c + \frac{d_s}{2} \right) = 0,500 \text{ m} - \left(0,030 \text{ m} + \frac{0,024 \text{ m}}{2} \right) = 0,458 \text{ m}$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,661 \cdot (100 \cdot 0,0079 \cdot 12 \text{ MPa})^{1/3} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 0,458 \text{ m} = 96,60 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k_v^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,661^{3/2} \cdot (12 \text{ MPa})^{1/2} = 0,260 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c,min} = 0,260 \text{ MPa} \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 0,458 \text{ m} = 59,54 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 96,60 \text{ kN} \geq V_{Rd,c,min} = 59,54 \text{ kN} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$V_{Ed} = 330,49 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 96,60 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 330,49 \text{ kN} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$$

Je nutné do smykové únosnosti započítat únosnost třmínků.

4. MSÚ – SMYK PŘI ZAPOČÍTÁNÍ ÚNOSNOSTI TŘMÍNKŮ

$$A_{sw} = \frac{\pi \cdot d_{sw}^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot (0,010 \text{ m})^2}{4} \cdot 2 = 1,571 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 200 \text{ MPa}$$

Konstrukční zásady:

Osová vzdálenost třmínků

$$s = 0,250 \text{ m} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,458 \text{ m} = 0,344 \text{ m} \leq 0,400 \text{ m} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Osová vzdálenost větví třmínků

$$s_t = b_w - 2 \cdot c - d_{sw} = 0,500 \text{ m} - 2 \cdot 0,015 \text{ m} - 0,010 \text{ m} = 0,46 \text{ m}$$

$$s_t = 0,460 \text{ m} \geq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,458 \text{ m} = 0,344 \text{ m} \leq 0,600 \text{ m} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$$

Stupeň vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} = \frac{1,571 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0,500 \text{ m} \cdot 0,250 \text{ m}} = 0,0013$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{12 \text{ MPa}}}{230 \text{ MPa}} = 0,0012$$

$$\rho_w = 0,0013 \geq \rho_{w,min} = 0,0012 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při započítání únosnosti třmínků:

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$\theta = 21,8^\circ$$

$$v_L = v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{12 \text{ MPa}}{250}\right) = 0,571$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,458 \text{ m} = 0,412 \text{ m}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_L \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = \frac{1,0 \cdot 0,500 \text{ m} \cdot 0,412 \text{ m} \cdot 0,571 \cdot 12 \text{ MPa}}{\cot(21,8^\circ) + \tan(21,8^\circ)}$$

$$= 486,67 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) =$$

$$= \frac{1,571 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0,250 \text{ m}} \cdot 0,412 \text{ m} \cdot 200 \text{ MPa} \cdot \cot(21,8^\circ) = 129,46 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}) = \min(330,15 \text{ kN}; 129,46 \text{ kN}) = \mathbf{129,46 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{V_{Rd} = 129,46 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 330,49 \text{ kN} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}}$$

5. ZÁVĚR K DOPLŇUJÍCÍMU STATICKÉMU POSUDKU STROPNÍHO PRŮVLAKU

Doplňující statický posudek stropního průvlaku prokázal, že ani s hypotetickou pevnostní třídou betonu C 12/15 by průvlak dle současných norem nevyhověl. Při posouzení v ohybu bylo překročení únosnosti sníženo z ~85 % na ~32 %. Při posouzení ve smyku rozhodovala únosnost třmínků a na vypočtenou únosnost neměla změna pevnosti betonu vliv. Únosnost stropního průvlaku ve smyku tedy byla, stejně jako u předchozího posudku, překročena o ~155 %.

6. ZÁVĚR K PRAKTICKÉ ČÁSTI

6.1. ZÁVĚR K HODNOCENÍ OBJEKTU „A“

Na základě stavebně technického průzkumu Objektu „A“ byly stanoveny pevnostní třídy betonu zkoumaných částí konstrukce. Beton stropní konstrukce v 1. NP a ve 2. NP odpovídal pevnostní třídě C 8/10, beton sloupů v těchto podlažích odpovídal třídě C 12/15. Stropní konstrukce nesplňuje požadavky současně platné normy ČSN EN 1992-1-1 pro beton do nosných železobetonových konstrukcí, kde je požadována minimální pevnostní třída C 12/15. Požadavky této normy splňuje pouze beton sloupů. V případě samostatného posouzení splňuje tyto požadavky také beton průvlaků v 1. NP, u něhož byla stanovena pevnostní třída C 12/15.

Zjištěné vyztužení zkoumaných nosných prvků s malými odchylkami odpovídalo dochované dokumentaci (pro jeden prvek nebyla dokumentace vyztužení k dispozici). Odchylky byly zjištěny v roztečích třmínků a výztuží v desce. V dochované dokumentaci byla

navržená výztuž označena jako třída B. Zjištěná výztuž byla kruhového průřezu s hladkým povrchem, jednalo se tedy pravděpodobně o deklarovanou třídu B.

U sloupů v 1. NP byla zjištěna výrazná karbonatace do hloubky až 100 mm. Vzhledem k tloušťce krytí, které se u těchto sloupů pohybovalo kolem 40 mm, hrozí koroze výztuže.

Objekt „A“ byl dle normy ČSN ISO 13822 posouzen jako bezpečný a provozuschopný na základě dřívější uspokojivé způsobilosti.

6.2. ZÁVĚR K HODNOCENÍ OBJEKTU „B“

Na základě stavebně technického průzkumu Objektu „B“ byly stanoveny pevnostní třídy betonu zkoumaných prvků stropní konstrukce nad 2. NP. Beton stropní desky odpovídal pevnostní třídě (C-/7,5), beton trámů třídě C 12/15 a beton průvlaků třídě C 8/10. Stropní konstrukce s výjimkou trámů nesplňuje požadavky současně platné normy ČSN EN 1992-1-1 pro beton do nosných železobetonových konstrukcí, kde je požadována minimální pevnostní třída C 12/15.

V rámci průzkumu bylo zjištěno vyztužení zkoumaných prvků stropní konstrukce. Jelikož bylo odebrání části výztuže pro provedení zkoušek nereálné, byla výztuž na základě doby výstavby objektu a hladkého povrchu dle normy ČSN 73 0038 odborně odhadnuta jako typ 10 372 s označením B.

Posouzení Objektu „B“ bylo provedeno na základě statického výpočtu z důvodu očekávané změny zatížení. Posouzen byl stropní trám a průvlak nacházející se v místě plánovaného osazení nové technologie. Prvky byly posouzeny na mezní stav únosnosti v ohybu a ve smyku. Stropní trám při posouzení v ohybu vyhověl s rezervou ~10 %, ve smyku však byla překročena únosnost o ~66 %. Statické posouzení dále prokázalo, že stropní průvlak nevyhoví ani v ohybu, ani ve smyku. V ohybu byla únosnost překročena o ~85 % a ve smyku dokonce o ~155 %. Vzhledem k tomu, že u průvlaků byla stanovena pevnostní třída betonu C 8/10, která neodpovídá konstrukčnímu betonu, byl proveden doplňující statický výpočet s hypotetickou pevnostní třídou C 12/15. Tento doplňující výpočet však pouze potvrdil nevyhovující stav průvlaků. I přes vyšší únosnost průvlaků v ohybu nevyhověl, a to o ~32 %. Na únosnost ve smyku vyšší pevnost betonu vliv neměla.

Na obr. 98 je patrné, že pokud by na posuzovaný průvlak místo tíhy stroje působilo plošné užité zatížení, způsobovalo by větší ohybové namáhání, než které bylo pro výpočet

uvažováno. Vzhledem k faktu, že průvlak velmi výrazně nevyhověl ani na uvažované namáhání, byl přepočet vnitřních sil shledán jako nepodstatný.

Statický posudek jasně prokázal, že zkoumaný objekt dle dnešních norem z hlediska únosnosti nevyhovuje a je uživateli objektu doporučeno omezit provoz do doby, než bude konstrukce zesílena nebo bude provedeno jiné opatření.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN ISO 13822: *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [2] ČSN 730038: *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [3] HOLICKÝ, Milan a kol. *Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí*. 1. vydání. Praha: Česká technika – ČVUT v Praze, 2007. ISBN 978-80-01-03790-4.
- [4] HOBST, Leonard, Jiří ADÁMER, Petr CIKRLE a Pavel SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí: Přednášky*. Brno. FAST VUT v Brně, 2005.
- [5] *Diagnostika betonových konstrukcí* [online]. [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/diagnostika-betonovych-konstrukci>
- [6] ANTON, Ondřej. *Zkušebnictví a technologie: Modul BI02-M04 Stavební zkušebnictví* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, 2004 [cit. 2017-11-26]. Dostupné z: <https://intranet.study.fce.vutbr.cz/studium/materialy/opory.asp>
- [7] *Proceq* [online]. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/rebar-detection-and-cover-measurement/>
- [8] *Georadar RTG–Tengler* [online]. [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://www.georadar.rtg-tengler.cz/>
- [9] ANTON, Ondřej, CIKRLE, Petr, HEŘMÁNKOVÁ, Věra. *Zkušenosti s georadarem při stavebně technických průzkumech* [online]. 2014 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technicky-pruzkumech>
- [10] *Hilti* [online]. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/laserov%c3%a1-technika/syst%c3%a9my-detekce/r6436760>
- [11] *Direct Industry* [online]. [cit. 2017-12-03] Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/proceq/product-7242-1388551.html>
- [12] ANTON, Ondřej, HEŘMÁNKOVÁ, Věra. Prokazování dodržení předepsaného vyztužení prvků železobetonové konstrukce nedestruktivními metodami. *Materiály pro stavbu*. 2017, 9, 42-45. ISSN 1213-0311

- [13] CIKRLE, Petr, ANTON, Ondřej, DANĚK, Petr, KUCHARCZYKOVÁ, Barbara, MISÁK, Petr, KOMÁRKOVÁ, Tereza. *NDT Zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu ČŽV*. 2016. Brno. FAST VUT v Brně, 2016.
- [14] *Papworths Construction Testing Equipment (PCTE)* [online]. [cit. 2017-12-10]
Dostupné z: <http://www.pcte.com.au/profometer-covermeter>
- [15] *Chemisch technisches laboratorium heinrich hart GmbH* [online]. [cit. 2017-12-10]
Dostupné z: http://labor-hart.de/www/seiten_en/beton/zerstoerfrei.php
- [16] *TZB-info* [online]. [cit. 2017-12-12] Dostupné z:
<http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10746-dynamicke-a-staticke-moduly-pruznosti-betonu>
- [17] *FAST VUT v Brně* [online]. [cit. 2018-01-04] Dostupné z:
http://www.fce.vutbr.cz/BZK/zvolanek.l/vyuka_bzk/BL01_zatizeni.pdf
- [18] SCIA Engineer [online]. [cit. 2018-01-05] Dostupné z:
https://help.scia.net/17.0/cs/por/bridges/bridgecombinations_other_str_geo_alternative.htm
- [19] ZICH, Miloš a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Brno: Dashöfer Holding Ltd. Zypern, 2010.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Vývojový diagram obecného postupu hodnocení existujících konstrukcí dle ČSN ISO 13822	18
Obr. 2 – Schématické znázornění odezvy elektromagnetického indikátoru výztuže v závislosti na vzdálenosti uložení betonářské výztuže v konstrukci [6]	21
Obr. 3 – Profometer PM 630 [7]	22
Obr. 4 – Příklad záznamu z měření přístrojem Profometer PM 630 [14]	22
Obr. 5 – Georadar Hilti PS1000 [10]	23
Obr. 6 – Příklad georadarového skenu [15]	23
Obr. 7 – Ultrazvukový přístroj Pundit PL-200 [13]	25
Obr. 8 – Vrtačka s dutým válcem osazená v držáku	27
Obr. 9 – Příklady nevyhovujících vývrtů pro stanovení pevnosti v tlaku	28
Obr. 10 – Sekaná sonda pro ověření výztuže provedená na trámu	31
Obr. 11 – Objekt "A"	32
Obr. 12 – Objekt "B"	33
Obr. 13 – Schéma umístění jádrových vývrtů 1V1-1V7 a míst pro stanovení vyztužení 1S, 1D, 1P a 1T v 1. NP a stropu nad 1. NP Objektu „A“	35
Obr. 14 – Schéma umístění jádrových vývrtů 2V1-2V6 a míst pro stanovení vyztužení 2S, 2D, 2P a 2T ve 2. NP a stropu nad 2. NP Objektu „A“	37
Obr. 15 – Schéma umístění jádrových vývrtů V1-V6 a míst pro stanovení vyztužení Ps, Pk, Ts a Tk ve stropu nad 2. NP Objektu „B“	39
Obr. 16 – Místo sondy 1V1 do průvlaku nad 1. NP	40
Obr. 17 – Jádrový vývrt 1V1	40
Obr. 18 – Místo sondy 1V2 do průvlaku nad 1. NP	41
Obr. 19 – Jádrový vývrt 1V2	41
Obr. 20 – Místo sondy 1V3 do trámu nad 1. NP	42
Obr. 21 – Jádrový vývrt 1V3	42
Obr. 22 – Místo sondy 1V4 do trámu nad 1. NP	43
Obr. 23 – Jádrový vývrt 1V4	43
Obr. 24 – Místo sondy 1V5 do desky nad 1. NP	44
Obr. 25 – Jádrový vývrt 1V5	44
Obr. 26 – Místo sondy 1V6 do sloupu v 1. NP	45
Obr. 27 – Jádrový vývrt 1V6	45
Obr. 28 – Místo sondy 1V7 do sloupu v 1. NP	46

Obr. 29 – Jádrový vývrt 1V7.....	46
Obr. 30 – Místo sondy 2V1 do průvlaku nad 2. NP	47
Obr. 31 – Jádrový vývrt 2V1.....	47
Obr. 32 – Místo sondy 2V2 do průvlaku nad 2. NP	48
Obr. 33 – Jádrový vývrt 2V2.....	48
Obr. 34 – Místo sondy 2V3 do trámu nad 2. NP.....	49
Obr. 35 – Jádrový vývrt 2V3.....	49
Obr. 36 – Místo sondy 2V4 do trámu nad 2. NP.....	50
Obr. 37 – Jádrový vývrt 2V4.....	50
Obr. 38 – Místo sondy 2V5 do desky nad 2. NP	51
Obr. 39 – Jádrový vývrt 2V5.....	51
Obr. 40 – Místo sondy 2V6 do sloupu v 2. NP.....	52
Obr. 41 – Jádrový vývrt 2V6.....	52
Obr. 42 – Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 1V1 až 1V5 (průvlaky, trámy a deska nad 1. NP)	53
Obr. 43 – Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 1V6 a 1V7 (sloupy v 1. NP)	53
Obr. 44 – Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 2V1 až 2V6 (průvlaky, trámy a deska nad 2. NP a sloupu ve 2. NP)	53
Obr. 45 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 1P uprostřed rozpětí	60
Obr. 46 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 1P u podpory.....	60
Obr. 47 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 1T uprostřed rozpětí.....	62
Obr. 48 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 1T u podpory	62
Obr. 49 – Schematický výkres výztuže sloupu v místě sondy 1S	65
Obr. 50 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 2P uprostřed rozpětí	66
Obr. 51 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy 2P u podpory.....	66
Obr. 52 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 2T uprostřed rozpětí.....	68
Obr. 53 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy 2T u podpory	68
Obr. 54 – Schematický výkres výztuže sloupu v místě sondy 2S	71
Obr. 55 – Vodorovné rozšíření průvlaku na šířku sloupu	72
Obr. 56 – Pohled na místo sondy V1 a V2 do průvlaku nad 2. NP.....	73
Obr. 57 – Jádrový vývrt V1.....	73
Obr. 58 – Místo sondy V1 a V2 do průvlaku nad 2. NP	74
Obr. 59 – Jádrový vývrt V2.....	74
Obr. 60 – Místo sondy V3 do průvlaku nad 2. NP	75

Obr. 61 – Jádrový vývrt V3.....	75
Obr. 62 – Místo sondy V4 do trámu nad 2. NP.....	76
Obr. 63 – Jádrový vývrt V4.....	76
Obr. 64 – Místo sondy V5 do trámu nad 2. NP.....	77
Obr. 65 – Jádrový vývrt V5.....	77
Obr. 66 – Místo sondy V6 do trámu nad 2. NP.....	78
Obr. 67 – Jádrový vývrt V6.....	78
Obr. 68 – Místo sondy V7 do desky nad 2. NP.....	79
Obr. 69 – Jádrový vývrt V7.....	79
Obr. 70 – Zkušební tělesa P1 až P6 vyrobená ze vzorků V1 až V3.....	80
Obr. 71 – Zkušební tělesa T1 až T6 vyrobená ze vzorků V4 až V6.....	80
Obr. 72 – Zkušební tělesa D1 až D7 vyrobená ze vzorků V1 až V7	80
Obr. 73 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy P uprostřed rozpětí	86
Obr. 74 – Schematický výkres výztuže průvlaku v místě sondy P u podpory.....	86
Obr. 75 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy T uprostřed rozpětí.....	88
Obr. 76 – Schematický výkres výztuže trámu v místě sondy T u podpory	88
Obr. 77 – Předpokládaný průběh vyztužení trámu	88
Obr. 78 – Umístění nové technologie ve 3. NP Objektu „B“	92
Obr. 79 – Schéma posuzovaných prvků stropní konstrukce nad 2. NP Objektu "B"	93
Obr. 80 – Statické schéma trámu.....	94
Obr. 81 – Statické schéma průvlaku	94
Obr. 82 – ZS 1 – Vlastní tíha	95
Obr. 83 – ZS 2 – Tíha desky a podlahy	95
Obr. 84 – ZS 3 – Proměnné zatížení – max M v poli K–L.....	95
Obr. 85 – ZS 4 – Proměnné zatížení – max V u průvlaku K	96
Obr. 86 – ZS 5 – Tíha stroje.....	96
Obr. 87 – Průběh ohybového momentu na trámu pro kombinaci CO1.....	97
Obr. 88 – Průběh posouvající síly na trámu pro kombinaci CO2	97
Obr. 89 – Reakce v podporách trámu pro kombinaci CO3.....	98
Obr. 90 – Reakce v podporách trámu pro kombinaci CO4.....	98
Obr. 91 – Vyztužení trámu v poli	98
Obr. 92 – Schéma působení trámu při MSÚ	100
Obr. 93 – Vyztužení trámu u podpory.....	100
Obr. 94 – ZS 1 – Vlastní tíha	104

Obr. 95 – ZS 2 – Zatížení od trámů	104
Obr. 96 – ZS 3 – Proměnné zatížení – max M v poli 1–2	105
Obr. 97 – ZS 4 – Proměnné zatížení – max V u rámu 2.....	105
Obr. 98 – Průběh ohybového momentu na průvlaku pro kombinaci CO1	106
Obr. 99 – Průběh posouvající síly na průvlaku pro kombinaci CO2.....	106
Obr. 100 – Vyztužení průvlaku v poli.....	107
Obr. 101 – Schéma působení průvlaku při MSÚ.....	108
Obr. 102 – Vyztužení průvlaku u podpory	109
Obr. 103 – Schéma působení průvlaku při MSÚ (uvažovaný beton C 12/15)	113

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Hodnoty zmenšovacího součinitele κ_u pro přepočet dynamických modulů ultrazvukových na moduly statické dle ČSN 73 2011 [16]	25
Tab. 2 – Hodnota součinitele k_n pro stanovení charakteristické hodnoty [1]	29
Tab. 3 – Krajní mez k pro počet n vývrtů.....	30
Tab. 4 – Minimální charakteristická pevnost v betonu v tlaku v konstrukci $f_{ck, is}$ podle ČSN EN 13791 pro pevnostní třídy betonu dle ČSN EN 206 + A1.....	30
Tab. 5 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu v 1. NP.....	54
Tab. 6 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu v 2. NP	55
Tab. 7 – Pevnost betonu v tlaku v 1. NP	56
Tab. 8 – Pevnost betonu v tlaku v 2. NP	57
Tab. 9 – Pevnost betonu stropní konstrukce v 1. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 13791	58
Tab. 10 – Zatřídění betonu stropní konstrukce v 1. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 206 + A1	58
Tab. 11 – Pevnost betonu stropní konstrukce v 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 13791	58
Tab. 12 – Zatřídění betonu stropní konstrukce v 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 206 + A1	59
Tab. 13 – Pevnost betonu sloupů v 1. NP a 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 13791	59
Tab. 14 –Zatřídění betonu sloupů v 1. NP a 2. NP Objektu „A“ dle ČSN EN 206 + A1	59
Tab. 15 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu desek	81
Tab. 16 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu průvlaků.....	81
Tab. 17 – Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu trámů	82
Tab. 18 – Ultrazvuková měření na vzorcích betonu z desek v přirozeně vlhkém stavu	82
Tab. 19 – Ultrazvuková měření na vzorcích betonu z průvlaků v přirozeně vlhkém stavu ..	82
Tab. 20 – Ultrazvuková měření na vzorcích betonu z trámů v přirozeně vlhkém stavu.....	83
Tab. 21 – Pevnost v tlaku betonu z desek.....	83
Tab. 22 – Pevnost v tlaku betonu z průvlaků	83
Tab. 23 – Pevnost v tlaku betonu z trámů	84
Tab. 24 – Pevnost betonu stropní konstrukce Objektu „B“ dle ČSN EN 13791	85
Tab. 25 – Zatřídění betonu stropní konstrukce Objektu „B“ dle ČSN EN 206 + A1	85
Tab. 26 – Pevnostní třídy betonu zkoumaných částí konstrukce Objektu "A"	90
Tab. 27 – Pevnostní třídy betonu částí stropní konstrukce Objektu "B"	91
Tab. 28 – Užité zatížení pro skladovací a průmyslové plochy [17]	92
Tab. 29 – Přehled kombinací pro posouzení trámu	96

Tab. 30 – Návrhové hodnoty vnitřních sil a reakcí	98
Tab. 31 – Přehled kombinací pro posouzení průvlaku.....	105
Tab. 32 – Návrhové hodnoty vnitřních sil.....	107